

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tietotekniikan koulutusohjelma

Sami-Mikko Tuononen

VIRTUALISOINTIPALVELUJEN TARVE OPETUSYMPÄRISTÖSSÄ

Opinnäytetyö
Joulukuu 2014



OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2014
Tietotekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
+358 50 260 6800

Tekijä
Sami-Mikko Tuononen

Nimeke
Virtualisointipalvelujen tarve opetusympäristössä

Toimeksiantaja
Karelia-ammattikorkeakoulu Oy

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä käsitellään virtualisointipalveluiden käytännöllisyyttä ja käyttöönottoa opetusympäristössä. Opetusympäristö sijaitsee Karelia-ammattikorkeakoulun ICT-laboratoriossa. Opinnäytetyö selvittää virtualisointipalveluiden tarpeen laboratoriossa, koska nykyinen fyysisen palvelinhuoneen kapasiteetti ei riitä useiden kymmenien virtuaalikoneiden käyttämiseen yhtä aikaa. Sitten kartoitetaan pilvipalveluntarjoajat ja testaus toteutetaan valitulla palveluntarjoajalla.

Ensiksi testiprojektiin suunniteltiin palvelin- ja verkkoympäristöt. Testaus toteutettiin Microsoft Azurella. Sitten Microsoft Azureen luotiin virtuaalinen verkko ja se liitettiin VPN-yhteydellä paikalliseen verkkoon. Seuraavaksi virtuaalikoneita luotiin neljä kappaletta ja virtuaalikoneisiin asennettiin SharePoint Server 2013, SQL Server 2012 and Exchange 2013. Lopuksi ympäristöä testattiin ja selvitettiin palveluiden kustannukset.

Testausprojekti osoitti, että Microsoft Azuresta ei ole vielä korvaamaan fyysistä palvelinympäristöä, koska pilvipalvelu on suunniteltu yrityksille, missä palvelimia käytetään jatkuvasti. Microsoft Azurea voisi käyttää projekteihin, testaukseen ja opinnäytetöihin.

Kieli

suomi

Sivuja 46

Asiasanat

pilvipalvelut, virtualisointi, Microsoft Azure, VPN, palvelin



THESIS
December 2014
Degree Programme in Information
Technology
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
+358 50 260 6800

Author
Sami-Mikko Tuononen

Title
The Need for Virtualization Services in Teaching Environment

Commissioned by
Karelia University of Applied Sciences

Abstract

This thesis deals with the practicality and implementation of virtualization services to teaching environment. The teaching environment is located in laboratory of the Karelia University of Applied Sciences. The thesis determines the need for virtualization services in the laboratory because the current physical server room capacity is not enough for tens of virtual machines in simultaneous use. In addition, cloud service providers were mapped and testing was carried out with a chosen cloud service provider.

At first, the test project was designed to server and network environment. The testing was carried out in Microsoft Azure. Then a virtual network was created in Microsoft Azure ja it was connected with a VPN connection to the local network. Next, four virtual machines were created and installed with SharePoint Server 2013, SQL Server 2012 and Exchange 2013. Finally, the environment was tested and the cost of services determined.

The test project proved that Microsoft Azure can not yet replace the physical server environment because cloud service is designed for businesses, where the servers are used continuously. Microsoft Azure could be used in projects, testing and in theses.

Language

Finnish

Pages 46

Keywords

cloud services, virtualization, Microsoft Azure, VPN, server

Sisältö

Lyhenteet	6
1 Johdanto	7
2 Pilvipalvelut	8
2.1 NISTin pilvipalvelun kuvaus	8
2.1.1 Itsepalvelullisuus	9
2.1.2 Pääsy palveluihin eri päätelaitteilla	9
2.1.3 Resurssien yhteiskäyttö	10
2.1.4 Nopea joustavuus	10
2.1.5 Käytön tarkka mittaus	10
2.2 Palvelumallit	11
2.2.1 SaaS	11
2.2.2 PaaS	11
2.2.3 IaaS	12
2.2.4 Pilvipalveluiden markkinat	12
2.3 Pilvipalvelutyypit	12
2.3.1 Yksityinen pilvi	13
2.3.2 Yhteisöllinen pilvi	13
2.3.3 Julkinen pilvi	13
2.3.4 Hybridi pilvi	14
2.4 Pilvipalveluiden hyödyt ja riskit	14
3 Palvelinympäristön tarpeet	15
4 Palveluntarjoajat	16
4.1 Amazon EC2	16
4.2 Elisa eSali	17
4.3 Microsoft Azure	19
4.4 Nebula	20
4.5 UpCloud	20
4.6 Palveluntarjoajien kustannukset	22
4.7 Palveluntarjoajien vertailu	22
5 Testaus	23
5.1 Azuren käyttöönotto	24
5.2 Virtuaaliverkon luonti	26
5.3 VPN-yhteys	30
5.4 Virtuaalikoneen luonti	34
5.5 Azuren kustannukset	40
5.6 Johtopäätökset	42

6 Pohdinta.....	43
Lähteet.....	45

Lyhenteet

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line, laajakaistatekniikka.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol on verkkoprotokolla, jonka tehtävänä on lähettää automaattisesti IP-osoitteet tietokoneille.
DNS	Domain Name Service on nimipalvelujärjestelmä, jonka tarkoituksena on muuntaa verkkotunnukset IP-osoitteiksi.
IaaS	Infrastructure as a Service, infrastruktuuri palveluna.
ICT	Information and communications technology, tieto- ja viestintäteknologia.
IDC	International Data Corporation, yhdysvaltalainen markkinatutkimusyritys.
IPsec	IP Security Architecture on joukko tietoliikenneprotokollia Internet-yhteyksien suojaamista varten.
NAT	Network Address Translation, osoitteenmuunnostekniikka.
NIST	National Institute of Standards and Technology on yhdysvaltalainen elinkeinoministeriön alainen virasto.
PaaS	Platform as a Service, sovellusalusta palveluna.
SaaS	Software as a Service, sovellukset palveluna.
SSD	Solid State Drive on kiintolevy, joka ei sisällä liikkuvia osia.
UPS	Uninterruptible Power Supply on laite, jonka tarkoituksena on antaa tasainen virransyöttö lyhyiden katkojen aikana ja jännitteen vaihteluissa.
VPN	Virtual Private Network, virtuaalinen yksityisverkko.
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkkotekniikka.
WPA	Wi-Fi Protected Access on salaustapa, jonka tarkoituksena on suojata langatonta verkkoa.

1 Johdanto

Viime vuosina pilvipalvelut ovat kasvaneet merkittävästi ja yritykset ovat vähentäneet fyysisten palvelimien käyttämistä viemällä yrityksen IT-ympäristöt pilvialustoihin. Yritysten ei enää tarvitse omistaa omia palvelimia vaan käytetään palvelintarjoajien virtualisointipalveluita, joissa yritys voi toteuttaa tarvitsemansa palvelinympäristön ja palveluista maksetaan käytön mukaan. Yritykset säästyvät fyysisten palvelimien energia-, laitteisto- ja ylläpito -kustannuksilta, kun siirrytään virtualisointipalveluihin.

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoituksena selvittää toimeksiantajan Karelia-ammattikorkeakoulun LITE-keskuksen ICT-laboratorion virtualisointipalvelujen tarpeet. IaaS-palvelulla oli tarkoitus suorittaa nykyisten opintojaksojen palvelin pohjaisia harjoituksia. Opinnäytetyössä otettiin myös huomioon ohjelmistotekniikan ja tietojenkäsittelyn koulutusohjelmien tarpeet. Opinnäytetyössä kartoitettiin virtualisointipalveluja tarjoavat kotimaiset ja ulkomaiset yritykset, joista tehtiin tarkempi tutkimus palveluidentarjoajien osalta ja selvitettiin palveluista tulevat kustannukset. Valitulla palveluntarjoajalla tehtiin testausprojekti, joka toteutettiin LITE-keskuksen ICT-laboratoriossa. Testausprojektin suunnittelussa pohjana käytettiin Tietotekniikan koulutusohjelmaan kuuluvan Tuotantoyrityksen järjestelmät -opintojakson sisältöä, jonka jälkeen suunniteltu ympäristö otettiin käyttöön valitulla alustalla. Testauksessa selvitettiin alustan sopivuutta opetusympäristön käyttöön. Lisäksi opinnäytetyössä pohdittiin oman fyysisen palvelinympäristön ja palveluntarjoajan ympäristön käyttöä lähivuosina Karelia AMK:n LITE-keskuksen ICT-laboratoriossa.

Karelia-ammattikorkeakoulu Oy:n omistaa Joensuun kaupunki ja koulu perustettiin alun perin vuonna 1992, mutta on tunnettu nykyisellä nimellä vuodesta 2013 alkaen. Aiemmin yritys tunnettiin nimellä Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Yritys työllistää noin 370 työntekijää ja liikevaihto on noin 33 miljoonaa euroa. Yrityksen tehtävänä on tarjota koulutusta eri ammattialoille

ja koulutus johtaa korkeakoulututkintoon. Rehtorina toimii Petri Raivo. Opiskelijoita on noin 4000 ja koulu sijaitsee neljässä eri keskuksessa. [1.]

2 Pilvipalvelut

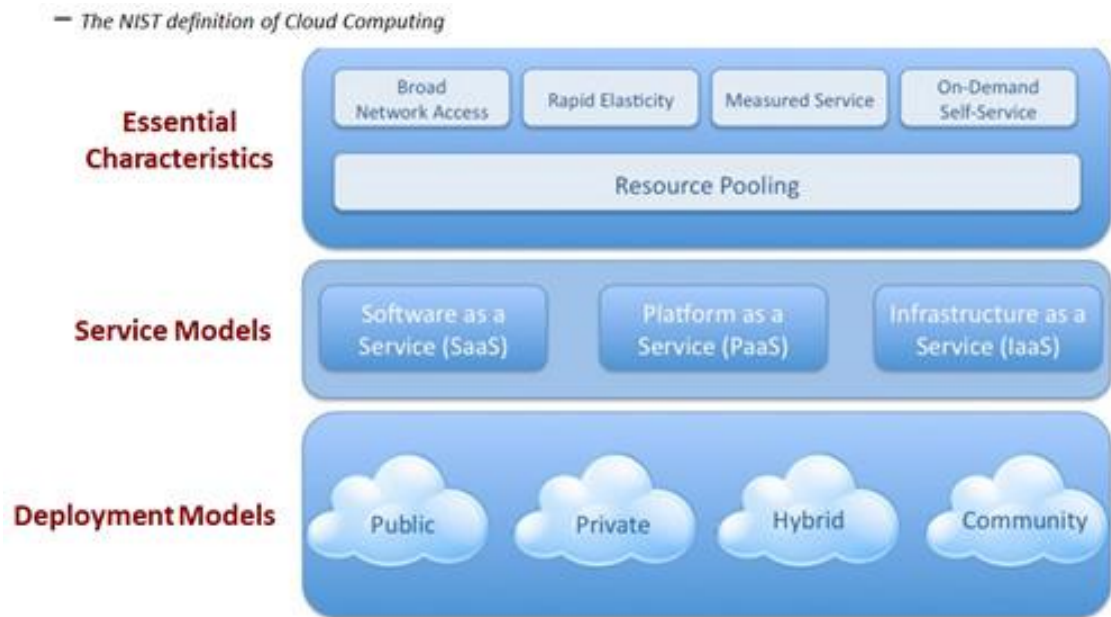
Pilvipalvelut (Cloud Computing) -termille ei ole virallista määritelmää, mutta yleensä pilvipalvelulla tarkoitetaan käyttäjälle tarjottavaa tietoliikennesurssia verkkoyhteyden kautta. Tällaisia resursseja ovat laskentateho ja tallennustila, palvelut, tietoliikenneyhteydet ja sovellukset. Palveluntarjoaja voi tarjota laitteiston, ohjelmistojen ja palvelujen välittämistä käyttäjän käyttötarkoitukseen. Palveluntarjoajan vastuulle jää palveluiden toiminta ja ylläpito. [2, s. 16–17.]

2.1 NISTin pilvipalvelun kuvaus

National Institute of Standards and Technology (NIST) -viraston määritelmä on yleisesti tunnetuin määritelmä pilvipalvelulle:

Cloud Computing on toimintamalli, joka mahdollistaa pääsyn vapaasti konfiguroitaviin ja skaalautuviin tietotekniikkaresursseihin, jotka voidaan ottaa käyttöön tai poistaa käytöstä helposti ja nopeasti. [2, s. 17.]

NIST on myös nimennyt viisi pilvipalveluiden ominaispiirrettä, jotka ovat itsepalvelullisuus (On-demand Self Service), pääsy palveluihin eri päätelaitteilla (Broad Network Access), resurssien yhteiskäyttö (Resource Pooling), nopea joustavuus (Rapid Elasticity) ja käytön tarkka mittaaminen (Measured Service). Microsoft käyttää samantapaista pilvipalveluiden määritelmää. NISTin määritelmä pilvipalveluista näkyy kuvassa 1. [2, s. 17, 19.]



Kuva 1. NISTin pilvipalvelun kuvaus [3.]

2.1.1 Itsepalvelullisuus

Itsepalvelullisuus tarkoittaa, että käyttäjä voi itsenäisesti ottaa tarvittaessa käyttöön tietotekniikkaresursseja tai lopettaa niiden käyttämisen ilman, että käyttäjän tarvitsee olla yhteydessä palveluntarjoajaan. Tämä tarkoittaa, että resurssit (laitekapasiteetti, ohjelmistoalusta tai sovellukset) ovat saatavilla silloin, kun niitä tarvitaan. Kun resursseja ei tarvita, niin ne eivät aiheuta kuluja. Käyttäjä saa itse päättää, kuinka paljon resursseja käyttää. IaaS- ja PaaS-palvelumalleissa asiakas voi vaikuttaa eniten palveluiden sisältöön. [2, s. 17.]

2.1.2 Pääsy palveluihin eri päätelaitteilla

Palveluiden käyttäminen on päätelaiteriippumatonta eli palveluiden käyttö onnistuu työasemilla, kannettavilla tietokoneilla sekä mobiililaitteilla, jotka sijaitsevat, missä tahansa päin maailmaa, kunhan vaan saatavilla on verkkoyhteys. [2, s. 17–18.]

2.1.3 Resurssien yhteiskäyttö

Resurssien yhteiskäytössä asiakas ei tiedä eikä saa tietoa, miten palvelut toteutetaan tai missä palvelut sijaitsevat. Asiakas saattaa ainoastaan tietää, missä päin maailmaa palvelimien konehuoneet sijaitsevat. Monet asiakkaat käyttävät samaa laitteisto- ja ohjelmistokapasiteettia toisistaan tietämättä, jolloin palveluntarjoajan resurssien käyttöaste pysyy korkeana ja palveluiden hinnat edullisimpina. [2, s. 18.]

2.1.4 Nopea joustavuus

Palveluntarjoajan tarjoamat palvelut ovat nopeasti joustavia, mikä tarkoittaa, että palvelut skaalautuvat joustavasti ja nopeasti asiakkaan tarpeen mukaan, jolloin uusien sovellusten kehittäminen ja käyttöönottoaminen on nopeampaa. Jos asiakkaan tarpeet muuttuvat, niin kapasiteetin kasvattaminen tai vähentäminen asiakkaan tarpeisiin onnistuu melkein hetkessä. Osalla palveluntarjoajista on lisäpalveluna saatavana automaattinen skaalautuvuus (Auto Scaling), jolloin palveluita muutetaan automaattisesti käytön mukaan. Tästä ominaisuudesta on hyötyä ruuhka-aikoina, jolloin kapasiteettia voi nostaa tarpeen mukaan. [2, s. 18.]

2.1.5 Käytön tarkka mittaus

Pilvipalveluissa asiakkaan palveluiden käyttäminen mitataan ja valvotaan tarkasti, jolloin asiakkaalla ja palveluntarjoajalla on paljon yksityiskohtaista ja hyödyllistä informaatiota. Informaation perusteella palveluntarjoaja laskuttaa asiakasta, joten laskutus on läpinäkyvää ja luotettavaa. [2, s. 18.]

2.2 Palvelumallit

Pilvipalvelun pilviarkkitehtuurista on tunnistettavissa monia pilvipalvelumalleja, mutta yleensä pilvipalvelu luokitellaan kolmeen palvelumalliin (kuva 1), jotka määrittävät mallien sisällön. Palvelumallit ovat sovellukset palveluna (SaaS), sovellus alusta palveluna (PaaS) ja infrastruktuuri palveluna (IaaS). [2, s. 18.]

2.2.1 SaaS

SaaS (Software as a Service) on alusta, josta asiakas ostaa tarvittavat sovellukset palveluna. Asiakkaan ei tarvitse käyttää resursseja infrastruktuuriin ja ohjelmistoihin, joka poistaa päivittämisen ja ylläpidon tarpeet. Asiakas maksaa palvelusta aikaperusteisen, käyttäjä- tai konekohtaisen maksun. SaaS-palveluita ovat esimerkiksi Microsoft Office 365, Spotify ja Youtube, joita voi käyttää internetin välityksellä lähes jokaisella päätelaitteella. Monet yritykset ovat alkaneet tarjota perinteisten ohjelmistojen rinnalle SaaS-palveluita, kuten esimerkiksi Visman toiminnanohjausratkaisut. [2, s. 25; 4]

2.2.2 PaaS

PaaS (Platform as a Service) on alusta, johon asiakas voi rakentaa, testata, kehittää ja ylläpitää sovelluksia kustannustehokkaasti ja nopeasti, jolloin se tarjoaa uusille asiakkaille helpon tavan tulla markkinoille. Asiakkaan ei tarvitse käyttää resursseja infrastruktuuriin ja näin asiakas voi keskittää työskentelyn sovelluksien kehittämiseen. Tällaisia palveluita tarjoaa esimerkiksi Amazon, Microsoft Azure ja Salesforce. Palveluntarjoajat tarjoavat erilaisia alustoja ja valmiita moduuleita asiakkaan käyttöön. Käytettävien ohjelmointikielien määrä riippuu palveluntarjoajasta, joka vaikuttaa paljon, kun asiakas valitsee palveluntarjoajaa. [2, s. 28–29.]

2.2.3 IaaS

IaaS (Infrastructure as a Service) on alusta, josta asiakas ostaa käyttöönsä infrastruktuuripalvelut palveluntarjoajalta. Tämä tarkoittaa, että asiakas hankkii käyttöönsä ulkoiset laitteistoresurssit ja laitteiston kapasiteetti on suurimmaksi osaksi virtualisoitua. Palveluntarjoaja vastaa infrastruktuurin ylläpidosta ja turvallisuudesta. Asiakkaalle jää vastuu lisäämästään sisällöstä ja ohjelmistoista. Palveluista laskutetaan käytettyjen resurssien mukaan. Asiakas voi itse käyttöönottaa ja käyttää palveluita, josta johtuen asiakkaan ja palveluntarjoajan välille ei välttämättä tule vuorovaikutusta. [2, s. 29.]

2.2.4 Pilvipalveluiden markkinat

Tutkimustalo IDC:n mukaan julkisen pilven markkinat kasvavat vauhdilla ja julkisen pilven maailmanmarkkina oli 45,7 miljardia dollaria vuonna 2013. Vuoden 2010 IDC:n ennusteen mukaan pilvipalvelumarkkinoiden arvo vuonna 2013 olisi 44,2 miljardia dollaria, joten kasvu on ollut hieman odotettua parempaa. SaaS- ja PaaS-palveluiden osuus markkinoista on 86 prosenttia ja loput 14 prosenttia ovat IaaS-palveluita. SaaS-palveluiden kärjessä olivat Salesforce ja ADP. PaaS-palveluiden kärjessä oli Amazon ja toisen sijan jakavat Salesforce ja Microsoft. IaaS-palveluiden markkinajohtaja on Amazon, jonka jälkeen seuraavat palveluntarjoajat olivat Rackspace, IBM, CenturyLink ja Microsoft. Suurin osa julkisen pilven markkinoista tulee Yhdysvalloista, mutta kasvun painopiste on siirtymässä Eurooppaan. Pilvipalveluiden markkinat pysyvät vahvoina ja markkinoiden odotetaan kasvavan vuosittain 23 prosenttia vuoteen 2018 mennessä. [2, s.22; 5.]

2.3 Pilvipalvelutyypit

Pilvipalvelut voidaan toteuttaa yksityisellä pilvellä tai julkisella pilvellä. Yksityisessä pilvessä organisaatio itse tuottaa ja käyttää palveluita, kun taas julkisessa pilvessä palveluntarjoaja tuottaa palvelut. Pilvipalveluiden

käyttöön otosta on monia erilaisia malleja, mutta yleisimpänä mallina käytetään NIST:n tapaa pilvipalveluiden käyttöönottoon. NIST:n mukaan pilvipalvelut voidaan jakaa neljään vaihtoehtoon: yksityiseen pilveen, yhteisölliseen pilveen, julkiseen pilveen ja hybridi pilveen (kuva 1). [2, s. 19.]

2.3.1 Yksityinen pilvi

Yksityinen pilvi (Private Cloud) on organisaation omistama lähiverkko ja se on ainoastaan organisaation omassa käytössä, mutta laitteiston ei tarvitse sijaita organisaation omissa tiloissa ja hallinnasta voi vastata kolmas osapuoli. Jos organisaation henkilöstö ylläpitää infrastruktuuria organisaation omissa tiloissa, niin sitä voidaan kutsua sisäiseksi pilveksi (internal cloud). [2, s. 19, 32.]

2.3.2 Yhteisöllinen pilvi

Yhteisöllinen pilvi (Community Cloud) on yhteisön yhteinen pilvi eli se on useamman organisaation omistama ja jokaisen organisaation käytössä. Laitteisto voi sijaita muualla kuin organisaatioiden omissa tiloissa ja kolmas osapuoli voi vastata ylläpidosta. [2, s. 19.]

2.3.3 Julkinen pilvi

Julkinen pilvi (Public Cloud) on palvelu, jossa palveluntarjoaja toimittaa asiakkaalle haluamansa pilvipalvelut internetin välityksellä maksua vastaan. Palveluntarjoajan tehtävänä on vastata laitteistosta, ohjelmistoista, palveluista ja ylläpidoista. Julkisia pilvipalveluita tarjoavat esimerkiksi Amazon, IBM ja Microsoft. [2, s. 19.]

2.3.4 Hybridi pilvi

Hybridi pilvi (Hybrid Cloud) on yksityisen pilven, yhteisöllisen pilven ja julkisen pilven yhdistelmä, jonka arkkitehtuuri yhdistelee edellä mainittujen pilvien osia. Hybridi pilvessä voidaan yhdistää organisaation yksityinen pilvi ja julkinen pilvi, jolloin organisaation tärkeät tiedot voitaisiin säilyttää organisaation sisällä.[2, s. 19.]

2.4 Pilvipalveluiden hyödyt ja riskit

Pilvipalveluiden hyötyä määrittäessä täytyy ottaa huomioon nykyisen ympäristön hyödyt, kustannukset ja riskit, joita sitten pitää verrata pilvipalvelun hyötyihin, riskeihin ja kustannuksiin. Pilvipalveluiden tarkoituksena on, että asiakas saisi organisaation toimintaa parantavan ratkaisun eikä huonontavan palvelun. Asiakkaan tulisi päästä haluamansa sisältöön internetin välityksellä sijainnista ja päätelaitteesta riippumatta. Asiakas voi päästä pilvipalveluiden avulla infrastruktuurin ylläpidosta ja resurssirajoitteista. Kustannuksien määrittäminen on vaikeaa, koska ympäristöistä tulee paljon erilaisia kustannuksia. Pilvipalveluiden kustannukset tulevat resurssien käytöstä tulevista maksuista, kun taas fyysisissä palvelimissa kustannukset tulevat energia-, henkilöstö- ja laitteistokustannuksista, joiden lisäksi on epäsuoria kustannuksia. Epäsuoria kustannuksia voivat olla esimerkiksi yllättävä laitteisto vika, josta voi seurata asiakkaiden menettäminen. Toisaalta tällaisia epäsuoria kustannuksia voi syntyä myös pilvipalveluiden kanssa, jos palveluissa esiintyy toimintahäiriöitä. [2, s. 70–71.]

Pilvipalveluihin liittymiseen liittyy myös erilaisia riskejä, koska asiakkaan tiedot sijaitsevat pilvipalvelussa. Asiakkaan pilvipalveluun tallennetut tiedot voi joutua yleiseen jakeluun. Asiakkaan järjestelmiin voi päästä käsiksi pilvipalveluntarjoajan työntekijä tai ulkopuolinen henkilö, joka voi kavaltaa, muuttaa tai poistaa tietoja. Pilvipalvelun toiminnassa voi olla häiriö, jolloin palveluita ei voida käyttää tai asiakkaan sisältö ei enää toimi tai häviää kokonaan. Jokaisen tapahtuman toteutuminen olisi asiakkaan kannalta erittäin

vakava ongelma. Toisaalta monet riskit koskevat myös yrityksen omia IT-ympäristöjä, jos työntekijä kavaltaa tietoja tai yrityksen järjestelmät eivät ole ajan tasalla. Riskien poistaminen on mahdotonta, mutta niihin kannattaa kuitenkin varautua perusteellisella kartoituksella, jossa käydään kaikki mahdolliset vaihtoehdot läpi. [2, s. 70–73.]

3 Palvelinympäristön tarpeet

Nykyisellä Karelia-ammattikorkeakoulun LITE-keskuksen ICT-laboratorion palvelinhuoneen kapasiteetilla ei pystytä toteuttamaan tietotekniikan koulutusohjelman opintojaksoilla vaadittavia palvelinharjoituksia ilman, että ei joutuisi tekemään kompromisseja opintojaksojen toteutukseen, joka saattaa vaikeuttaa opettajien ja opiskelijoiden työskentelyä. Tällä hetkellä kymmenien virtuaalipalvelimien yhtäaikainen pyörittäminen on mahdotonta ja joudutaan karsimaan virtuaalipalvelimien määrästä. Virtuaalipalvelimia joudutaan välillä käyttämään alle ohjelmistojen suositusarvojen, joka hidastaa ohjelmistojen toimintaa ja vaikeuttaa paljon opintojaksolla harjoituksien suorittamista. Virtuaalipalvelimista ei voida tehdä varmuuskopioita kovalevytilan puutteesta johtuen, jolloin palvelimia ei voida palauttaa, jos virtuaalipalvelin sattuu häviämään. Tämä ongelma vaatisi pikaista parantamista, koska nykyinen järjestelmä on erittäin riskialtis.

Ratkaisuna voisi olla fyysisen palvelinympäristön laajentaminen eli uusien palvelimien hankkiminen ja kiintolevytilan lisääminen, mutta uudet palvelimet ovat kalliita ja samalla voi joutua tekemään sähkötoita ICT-laboratorioon. Uusista palvelimista johtuen sähkönkulutus kasvaisi ja voisi joutua päivittämään UPS-järjestelmän vastaamaan uuden palvelinympäristön tarvetta. Toimeksiantajalla on myös mahdollista saada lahjoituksena yritysten vanhoja palvelimia, mutta ne saattavat olla tekniikaltaan vanhentuneita ja niiden suorituskyky ei vastaa virtualisointialustojen vaatimuksia. Palvelimien määrän laajentaminen kasvattaisi hukkakäyttöä hiljaisina aikoina ja syntyisi turhia kuluja. Toisena ratkaisuna on virtualisointipalveluiden hankkiminen

palveluntarjoajalta, jolloin palveluntarjoaja vastaisi palvelinlaitteiston ylläpidosta ja toimeksiantaja maksaisi vain käyttämistään palveluista. Näin toimeksiantaja ei tarvitsisi aika ajoin uusia laitteistoa. Samalla toimeksiantaja säästäisi sähkönkulutuksessa ja ongelmatilanteiden selvittämiseltä. Toki toimeksiantaja maksaisi palveluiden hinnassa näistä samoista seikoista palveluntarjoajalle.

4 Palveluntarjoajat

Palveluntarjoajat tarjoavat asiakkaille erilaisia ilmaisia ja maksullisia pilvipalveluita. Markkinoille on tullut paljon lisää uusia pilvipalveluita esimerkiksi Microsoftin Office 365, mutta opinnäytetyössä keskityttiin palveluntarjoajien virtualisointipalveluihin eli IaaS-palveluihin. Viime vuosina pilvipalvelualalle on tullut paljon uusia palveluntarjoajia, joka on luonut kilpailua ja laskenut palvelujen hintoja. Virtualisointipalvelut sisältävät oman palvelinympäristön, joka sisältää täydellisen tai osittaisen ylläpidon. Palveluntarjoaja vastaa palvelimien toimivuudesta ja palvelimet ovat vikasietoisia. Palveluista palveluntarjoaja veloittaa käytön mukaan, jonka lisäksi on maksullisia lisäpalveluita. Opinnäytetyössä tutustuttiin kaikkiaan viiteen palveluntarjoajaan, joista Elisan, Nebulan ja UpCloudin palvelinhuoneet sijaitsevat Suomessa. Vertailussa otettiin huomioon palvelun sisältö, käyttökelpoisuus, kustannukset ja toimeksiantajan tarpeet. Kustannuksien vertailuun käytetään esimerkkinä palvelin kokoonpanoa, jolla voisi käyttää Microsoft Sharepoint-ohjelmistoa.

4.1 Amazon EC2

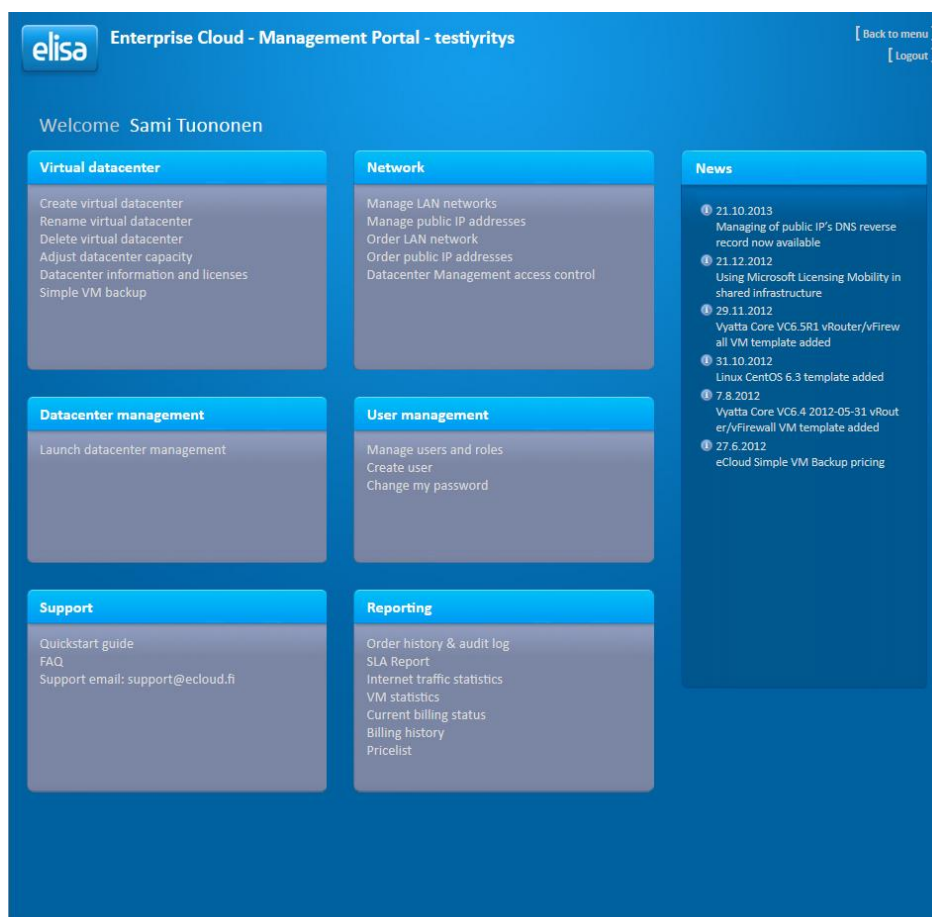
Amazon on tarjonnut pilvipalveluita vuodesta 2002 lähtien ja se on suurimpia pilvipalveluntarjoajia, jonka pilvipalveluista käytetään nimeä Amazon Web Services (AWS). Amazon tarjoaa erittäin monipuoliset pilvipalvelut. AWS-kokonaisuuteen kuuluu virtuaalipalvelu nimeltä Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2), joka on julkaistu 2006. Amazonin konesalit sijaitsevat

Australiassa, Brasiliassa, Euroopassa, Japanissa, Singaporessa ja Yhdysvalloissa. [6; 7.]

EC2:n virtuaalipalvelimista käytetään nimeä instanssit, jotka ovat valmiita palvelimien kokoonpanoja. Samanlainen tapa on käytössä Microsoft Azurella. EC2:n virtuaalipalvelimet sisältävät valmiiksi SSD-tallennustilaa, jonka lisäksi voi ostaa tallennustilaa Elastic Block Store -palvelusta (EBS). Palvelimia on saatavilla Windows- ja Linux-käyttöjärjestelmillä. EC2:n käyttää tuntihinnoittelua tai vuosittaista hinnoittelua, jolloin maksetaan ennakkomaksu ja saadaan halvempi tuntihinnoittelu. Esimerkki palvelimen hinnaksi muodostuu 279,75 € kuukaudessa ja palvelimen kokoonpanoon kuuluu 4 x suoritin, 7,5 GB keskusmuistia, 2 x 40 SSD-kiintolevyä ja lisenssi. [8.]

4.2 Elisa eSali

Elisa eSali on suomalainen palveluntarjoaja, joka käyttää palvelunsa pohjana VMware vCloud -tekniikkaa. Elisa eSalin konesalit sijaitsevat Suomessa. Palvelun hallintaan käytetään eCloud hallinta-portaalia (kuva 2), jossa luodaan virtuaalipalvelimet ja verkot. Virtuaalipalvelimia hallitaan VMware vCloud Directorilla sekä API-rajapinnan kautta. Elisa eSalin pilvipalvelussa on saatavilla platina-, kulta- ja hopeatasot, jotka tarjoavat eri määrän lisäpalveluita, kuten palomuri- ja kuormantasaus-palvelun. Palvelutasojen lisäksi käytöstä peritään maksua päiväkohtaisen käytön mukaan. Laskutus tapahtuu kuukausittain ja maksaminen onnistuu laskun, verkkopankin ja luottokortin kautta. [9; 10.]



Kuva 2. eSalin hallintasivu

Elisa eSali käyttää hieman erilaista tapaa prosessorien suhteen virtuaalipalvelinta määrittäessä, koska suoritin valitaan 1000 MHz:n välein 16000 MHz:iin asti. Yhden 1000 MHz:n suorittimen hinta on 0,2647 € päivässä ja 1024 MB -keskusmuistin hinta on 0,7385 € päivässä. Palvelimissa käytetään Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2620 2.00 GHz prosessoreita. Windows lisenssin hinta on 0,3344 € päivässä. [11.]

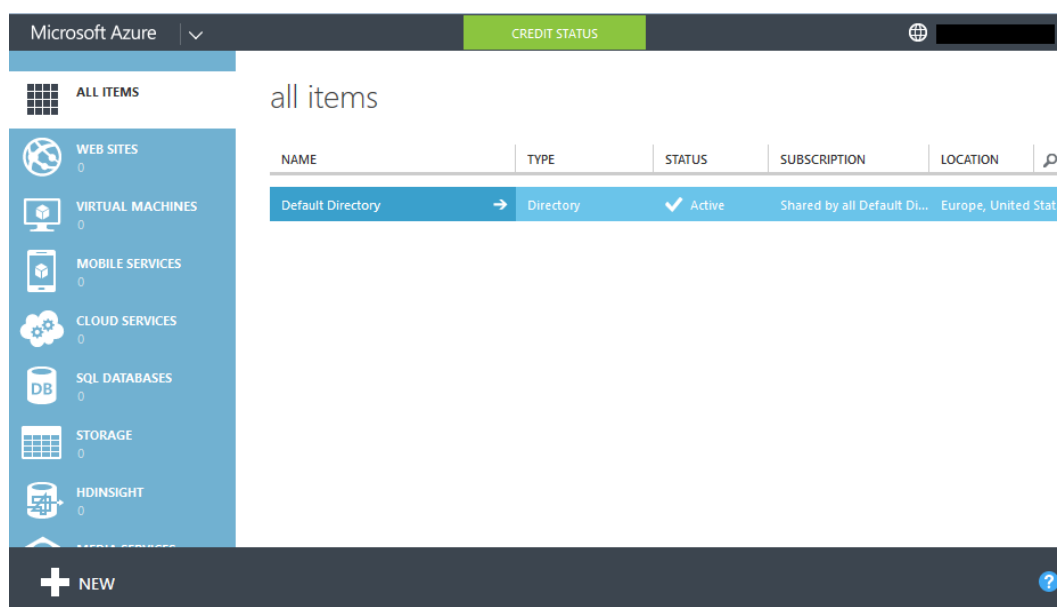
Elisa eSalin Demossa virtuaalikoneen luomisessa meni noin 10 minuuttia ja käyttöä varten pitää asentaa VMware Client Integration Plug-in 5.5.0 -lisäosa. Palvelun kautta saa asennettua WWW-serverin, Windows Server 2008 R2:n, Windows Server 2012:n, Linux Ubuntu Server 12.04.0 LTS:n tai sitten tyhjän virtuaalipalvelimen, johon voi asentaa käyttöjärjestelmän VMware vCloud Directorissa. Esimerkki palvelimen hinnaksi muodostuu 315,59 € kuukaudessa

ja 10,52 € päivässä. Palvelimen kokoonpanoon kuuluu 4000 MHz:n suoritin, 8192 MB keskusmuistia ja 100 GB kiintolevytilaa. [11.]

4.3 Microsoft Azure

Microsoft Azure on Microsoftin pilvipalveluratkaisu, joka tuli markkinoille 2010. Microsoft Azure tunnettiin aiemmin nimellä Windows Azure. Aluksi Microsoft tarjosi ainoastaan PaaS-palveluita, mutta Microsoft toi Azureen IaaS-palvelut, jotta voisi kilpailla Amazonin ja VMwaren kanssa. Vuonna 2013 Azureen lisättiin IaaS -palvelut, jolloin julkiseen käyttöön tuli virtuaalipalvelimet. Tätä ennen IaaS-palvelut olivat vuoden ajan koekäytössä. [2, s. 125; 12.]

Azuren hallinta onnistuu WWW-pohjaisen käyttöliittymän (kuva 3) ja PowerShellin kautta. Asiakkaiden virtuaalikoneet sijaitsevat Microsoft Azuren kuudessa konesalissa ympäri maailmaa. Euroopan konesalit sijaitsevat Hollannissa ja Irlannissa. Microsoft Azure tukee monipuolisesti ohjelmointikieliä ja ympäristöjä, kuten Visual Basic, C#, Eclipse, Ruby, PHP, Java ja Node.js. Microsoft Azuren laskutus tapahtuu luottokortin kautta. [13; 14.]



Kuva 3. Azuren hallintasivu

Microsoft Azure tarjosi aluksi ainoastaan kahdeksan eri virtuaalipalvelin kokoonpanoa eli instanssia, mutta vuoden 2014 aikana Azureen tuli tehokkaammat kokoonpanot, jotka sisältävät myös SSD-levyt. Azuren instanssien vuoksi käyttäjä ei pysty määrittämään täysin haluamaansa virtuaalipalvelintä. Amazon EC2 käyttää omissa virtuaalipalvelimissään samanlaista tapaa. Virtuaalipalvelimet sijaitsevat Microsoftin konesaleissa Aasiassa, Euroopassa, Japanissa ja Yhdysvalloissa. Virtuaalipalvelimista on saatavilla Basic- ja Standard-palvelimet. Standard palvelimet sisältävät skaalautuvuus- ja kuormantasaus-ominaisuudet. Microsoft Azuren kirjastosta löytyy valmiita levykuvia, kuten Windows Server, Sharepoint Server, SQL Server, BizTalk Server, Ubuntu, Centos, Suse ja Oracle. Palvelun hintaan sisältyy Windows lisenssit. Esimerkki palvelimen hinnaksi muodostuu 171,29 € kuukaudessa ja 0,23 € tunnissa. Palvelimen kokoonpanoon kuuluu 4 x 1.6 Ghz suoritinydin, 7 GB keskusmuistia, 100 GB kiintolevytilaa ja lisenssi. [15.]

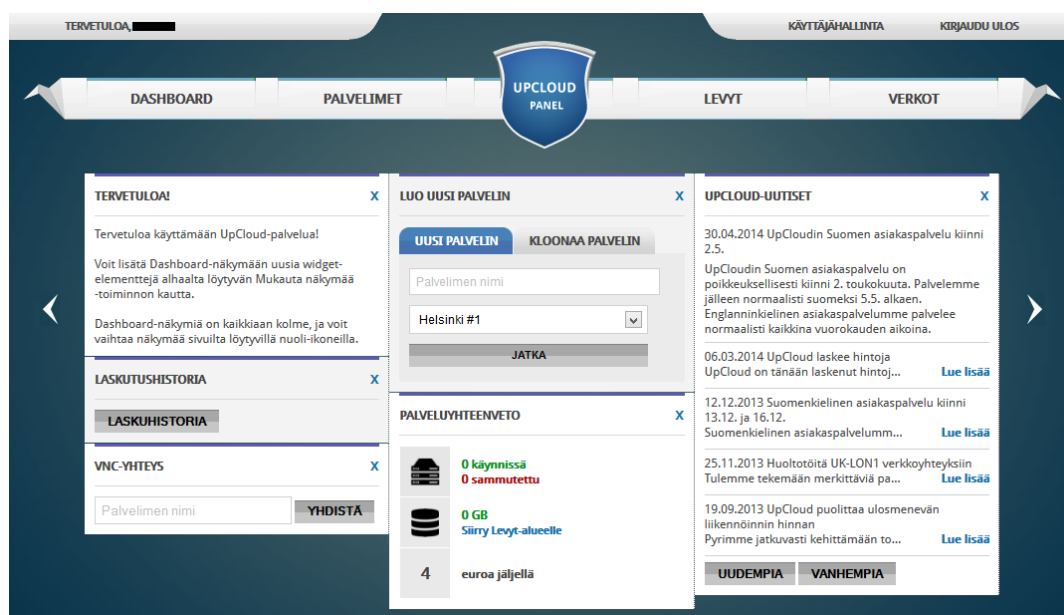
4.4 Nebula

Nebula on suomalainen yritys, joka on perustettu 1997. Yritys tarjoaa monipuolisia Internet -palveluita. Nebulan palvelinkeskukset sijaitsevat Suomessa. Nebulan Microsoft Pilvialusta tarjoaa mahdollisuuden käyttää suomalaisilla palvelimilla Microsoft Cloud Platform -teknologiaa, joka on samanlainen ympäristö kuin Microsoft Azurella. Esimerkki palvelimen hinnaksi muodostuu 209 € kuukaudessa ja palvelimen kokoonpano sisältää 4 x suoritinydin, 8192 MB keskusmuistia ja 100 GB kiintolevytilaa. Tämän lisäksi käyttöoikeudesta tulee maksaa 50 € kuukaudessa. [16.]

4.5 UpCloud

UpCloud on ensimmäinen suomalainen IaaS-pilvipalvelu ja yrityksen perustaja on Joel Pihlajamaa. UpCloudin kehittäminen alkoi vuonna 2011. Käyttöliittymä on täysin suomenkielinen ja erittäin yksinkertainen, joka sisältää muokattavan etusivun. UpCloudin hallinta onnistuu WWW-pohjaisen hallintapaneelin kautta

(kuva 4), jonka lisäksi palvelua voidaan käyttää matkapuhelinsovelluksen ja API-rajapinnan avulla. UpCloudilla on palvelimet Chicagossa, Helsingissä ja Lontoossa. Vuonna 2014 UpCloud laajensi avaamalla konesalin Chicagoon. Palvelun maksaminen tapahtuu sisäisen saldon avulla, johon siirretään rahaa verkkopankin tai luottokortin kautta. Jos palvelussa tapahtuu suunnittelemattomia katkoksia, niin tältä ajalta korvataan palvelumaksu 50-kertaisesti ja saatavilla on myös asiakaspalvelua suomenkielisenä virka-aikoina. [17; 18.]



Kuva 4. UpCloudin hallintasivu

Virtuaalipalvelimeen voidaan valita 1–8 suoritinydintä ja keskusmuistia 512–32768 MB. Yhden ytimen hinta on 0,013 € tunnissa ja suorituskyky vastaa AMD Opteron 6100 Series 2.0 GHz -suoritinydintä. Palvelimeen on mahdollista lisätä HDD- ja SSD-levyjä, joita voi olla enintään neljä kappaletta. Levyjen koko on määritettävissä, ja koko voi olla 10–1024 GB. Levykuvista löytyvät yleisimmät Linux Server ja Windows Server -käyttöjärjestelmät. UpCloudista on saatavilla lisenssit Windows Server 2003 R2 ja Windows Server 2008 R2 käyttöjärjestelmiin, joiden hinta on 0,03 €/CPU-ydin/h. Palomuurin hinta on 0.005€/tunti ja varmuuskopioinnin hinta 0.00007 €/Gt/tunti. Helsingin konehuoneessa palvelimen hinta on 151,81 € kuukaudessa ja 0,21 € tunnissa.

Palvelimen kokoonpano sisältää 4 x suoritin, 8192 MB keskusmuistia ja 100 GB kiintolevytilaa. [19.]

4.6 Palveluntarjoajien kustannukset

Palveluntarjoajien IaaS-palveluiden hinnoissa on suurta vaihtelua ja palvelut eivät ole täysin verrattavissa keskenään. Taulukkoon 1 on valittu merkittäviä kustannuksia virtuaalipalvelinten toiminnan kannalta. Palveluntarjoajien tiedoissa ei ollut saatavilla kaikkien kustannuksien hintoja.

Taulukko 1. Palveluntarjoajien kustannukset

Palveluntarjoaja	Esimerkki-palvelin €/kk	Windows lisenssi €/kk	Julkinen IP-osoite €/kk	Ulosmenevä julkiverkon liikenne €/Gt	Levytila €/Gt/kk
UpCloud	151,81	86,4	2,16	0,05	0,09–0,36
eSali	315,59	10,4	8,99	-	1,066
Azure	171,29	0	3	0,09–0,04	0,017€–0,06
Nebula	209	12,5	7	0,10	0,27
EC2	279,75	0	-	0,12–0,05	0,055

Hinnat eivät sisällä ALV:tä.

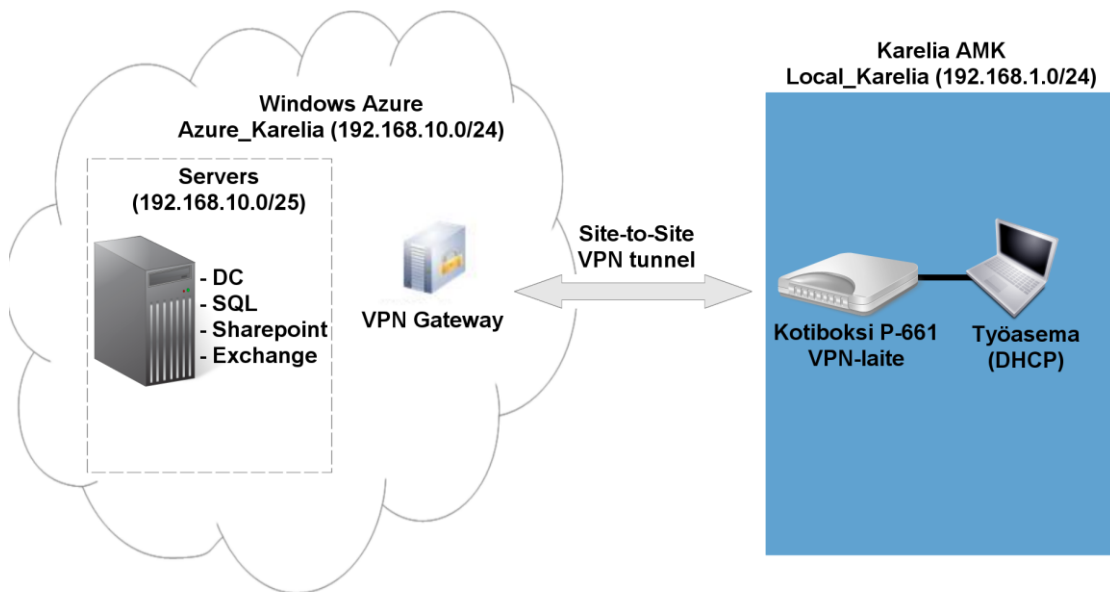
4.7 Palveluntarjoajien vertailu

Palveluntarjoajien vertailun arviointikriteereinä olivat palvelun sisältö, käyttökelpoisuus, kustannukset ja toimeksiantajan tarpeet. Palveluntarjoajien palveluissa ja hinnoitteluissa on paljon eroja, eikä palveluntarjoajien hinnoittelua pysty täysin vertailemaan keskenään, koska virtuaalipalvelimissä ja palveluissa on jonkin verran eroavuuksia. Palveluiden sopivuudesta toimeksiantajan tarpeisiin saisi tiedon vasta, kun jokaista palveluntarjoajan palvelua on testattu perusteellisesti. Amazon EC2 on tarjonnut pilvipalveluita jo pitkään ja se tuo

luotettavuutta palvelun toimivuuteen, mutta kotisivulla näkyvää hinnoittelua on vaikea tulkita, joka johtuu hinnoittelutietojen paljoudesta ja sekavuudesta. Elisa eSalin hinnoittelu on korkein muihin palveluntarjoajiin verrattuna ja Elisa eSalissa on ainoastaan päivä ja kuukausihinnoittelu, joka ei sovi toimeksiantajan opetusympäristön käyttöön. Käyttötarkoitukseen sopivin hinnoittelu olisi tunti hinnoittelu, koska yleensä palvelimille on vain käyttöä opintojaksoon kuuluvien lähituntien aikana. UpCloud tarjoaa halvimmat palvelimet ja tunti hinnoittelun. Käyttöliittymä on suomenkielinen ja yksinkertainen, mutta palvelu on muuten puutteellinen ja Windows -lisenssin hinta on korkein. Nebulan etuna Microsoft Azureen verrattuna on kotimaisuus, mutta hintataso nousee paljon korkeammaksi. Azure ja EC2 tarjoavat kumpikin virtuaalipalvelimet instansseina ja monipuolisimmat ominaisuudet muihin verrattuna, mutta Azure tarjoaa laajimmat ohjelmointityökalut ohjelmoijia varten. Vertailun perusteella testausprojekti on kannattavinta suorittaa Microsoft Azurella, koska palveluntarjoajista Microsoft Azure tarjoaa parhaimman hinta/laatusuhteen.

5 Testaus

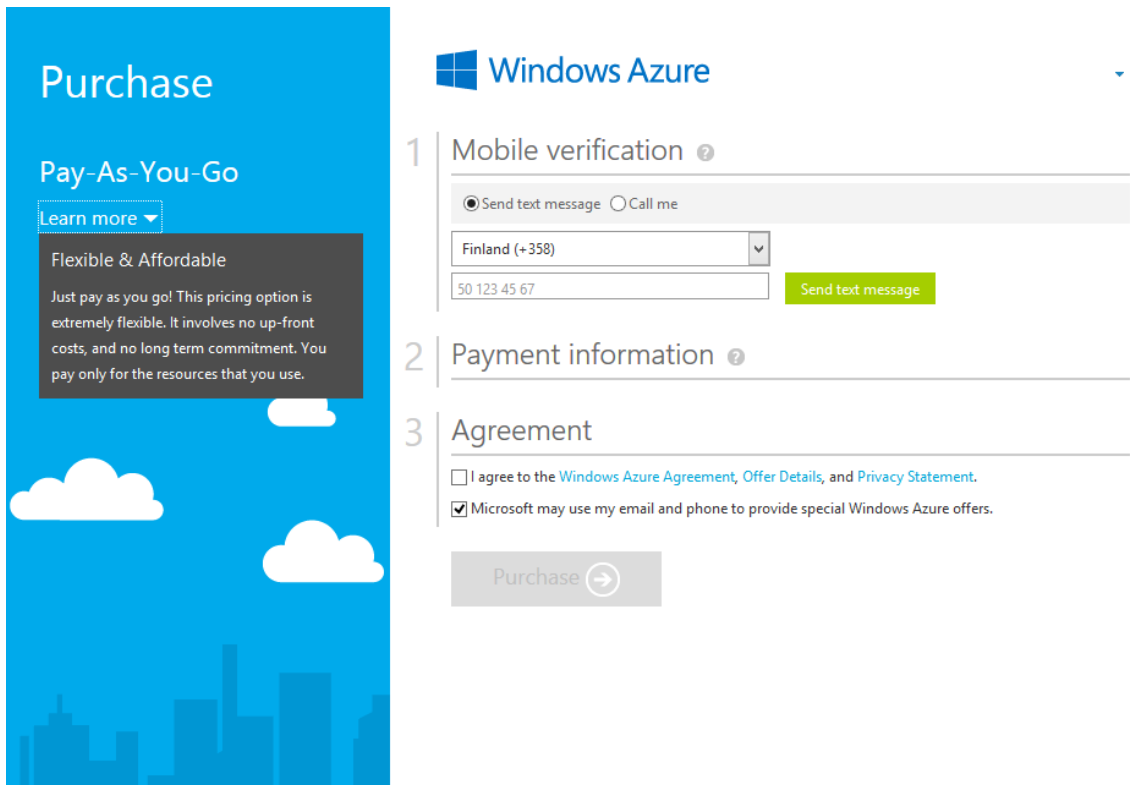
Testausympäristön suunnittelu alkoi Tietotekniikan koulutusohjelmaan kuuluvan Tuotantoyrityksen järjestelmät -opintojakson pohjalta. Testauksessa toteutettiin opintojaksolla tarvittava ympäristö, johon tarvitaan enimmillään neljää virtuaalikonetta. Yhteys jouduttiin muodostamaan 24/1Mbps ADSL-yhteydellä, kun alun perin yhteys oli tarkoitus muodostaa Microsoft Azureen Cisco ASA 5505 -palomuurilla, mutta yhteyttä ei pysty muodostamaan palomuuriin, joka on NATin takana. Sen takia VPN-yhteys jouduttiin muodostamaan Kotiboksi P-661 -modeemilla. Testauksessa piti saada laboratoriossa sijaitsevalle kannettavalla yhteys Azureen ja yhdistettyä toimialueeseen. Testauksessa toteutettu verkkoympäristö näkyy kuvassa 5.



Kuva 5. Testauksen verkkoympäristö

5.1 Azuren käyttöönotto

Microsoft Azuren käyttäminen aloitettiin luomalla käyttäjätunnus Microsoft Azuren -sivulla. Azure käyttää kirjautumisessa Microsoft-tiliä, joten aiemmin luodut Microsoft-tilit käyvät Azureen. Azure tarjoaa 150€:n arvoisen kokeiluversion tai voi ostaa suoraan Pay-As-You-Go -sopimuksen, josta maksetaan käytön mukaan. Azure tarjoaa myös 6 ja 12 kuukauden sopimuksia, joiden lisäksi Azure tarjoaa erilaisia tukipalveluita. Azureen käyttäjätunnuksen luomisessa tarvitsee myös puhelimen todentamista varten ja luottokortin lisäämisen maksutietoihin (kuva 6), jonka jälkeen Azure on valmiina käyttöä varten ja voi kirjautua Azuren hallintasivulle.



Purchase

Pay-As-You-Go

[Learn more](#)

Flexible & Affordable

Just pay as you go! This pricing option is extremely flexible. It involves no up-front costs, and no long term commitment. You pay only for the resources that you use.

1 Mobile verification

☒ Send text message ☐ Call me

Finland (+358)

50 123 45 67 [Send text message](#)

2 Payment information

3 Agreement

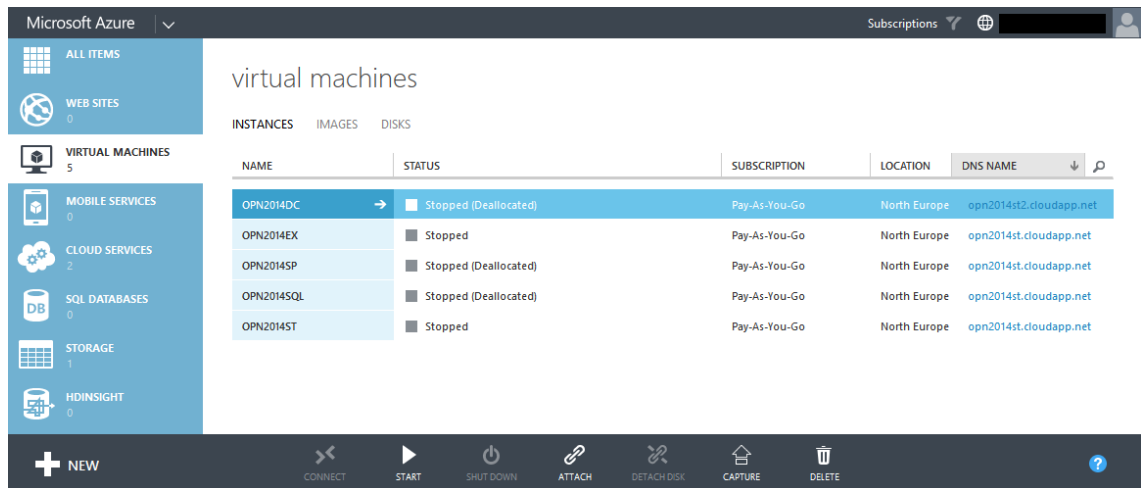
☐ I agree to the [Windows Azure Agreement](#), [Offer Details](#), and [Privacy Statement](#).

☒ Microsoft may use my email and phone to provide special Windows Azure offers.

[Purchase](#)

Kuva 6. Microsoft Azuren tilaus

Azuren hallintasivun käyttöliittymä on selkeä ja käyttäminen on yksinkertaista (kuva 7). Hallintasivun vasemmassa laidassa olevassa sivupalkki sisältää kaikki Azuren valikot ja asetukset. "New" -valikon kautta Azureen voidaan luoda uutta sisältöä. Azuressa on myös käytettävissä uusi käyttöliittymä, jonka ilme vastaa nykyisiä Microsoftin käyttöliittymiä. Testauksen aikana käyttöliittymä oli varsin keskeneräinen.



Kuva 7. Hallintaportaali

Azureen palvelimien ytimet ovat aluksi rajattu 20 ytimeen, mutta lisää ytimiä saa ottamalla yhteyttä Azuren tukeen hallintaportaalin kautta. Microsoft Azureen on mahdollista luoda pääkäyttäjän lisäksi 10 lisäkäyttäjää ja jokaisella lisäkäyttäjällä pitää olla Microsoft-tili.

5.2 Virtuaaliverkon luonti

Azuren käyttäminen kannatti aloittaa virtuaaliverkon luonnilla, koska silloin tulevat virtuaalikoneet voidaan liittää suoraan käytettävään verkkoon. Useamman virtuaaliverkon luonti on mahdollista Azuressa, jolloin yrityksen eri toimipisteet voidaan lisätä samaan palvelinympäristöön Site-to-site -yhteyden avulla. Aluksi valittiin Azuren käyttöliittymän sivupalkista "Networks" ja "Create a virtual network". Ensimmäisellä sivulla määritettiin virtuaaliverkon nimeksi "Karelia_Azure" ja palvelimien sijainniksi valittiin "North Europe" (kuva 8).

CREATE A VIRTUAL NETWORK

Virtual Network Details

NAME

Karelia_Azure

LOCATION

North Europe

SUBSCRIPTION

Pay-As-You-Go

NETWORK PREVIEW

 Karelia_Azure

x



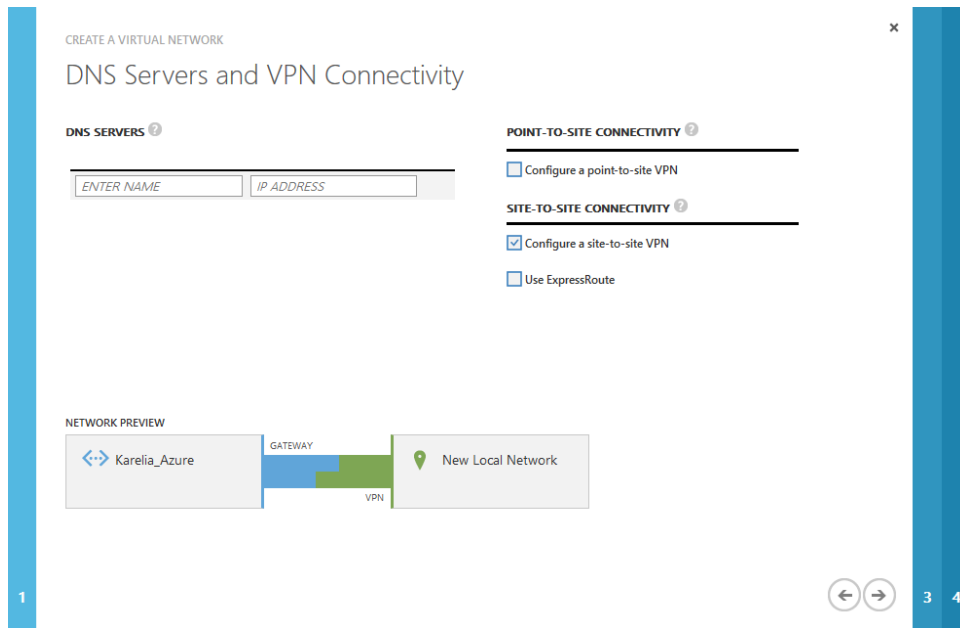
2

3

4

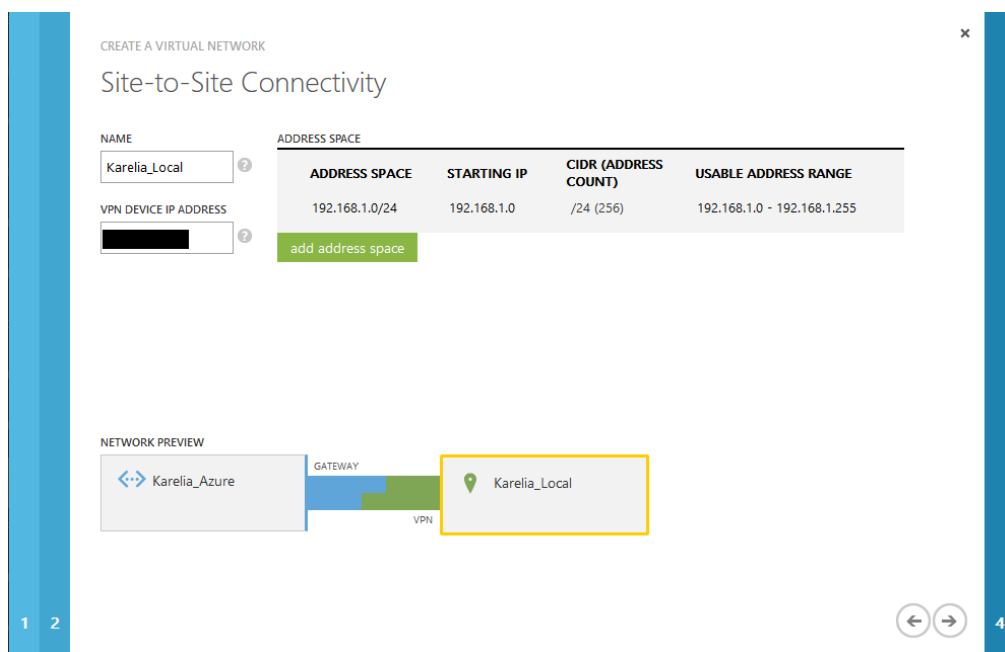
Kuva 8. Virtuaaliverkon luonti

Seuraavalla sivulla lisättiin DNS-palvelin ja valittiin VPN-yhteyden muodostustapa. DNS-palvelin kohta on valinnainen, jolloin se käyttää Azuren omaa DNS-palvelinta tai voi lisätä oman DNS-palvelimen. VPN-yhteydeksi valittiin Site-to-site connectivity, joten laitettiin rasti kohtaan "Configure a site-to-site VPN" (kuva 9).



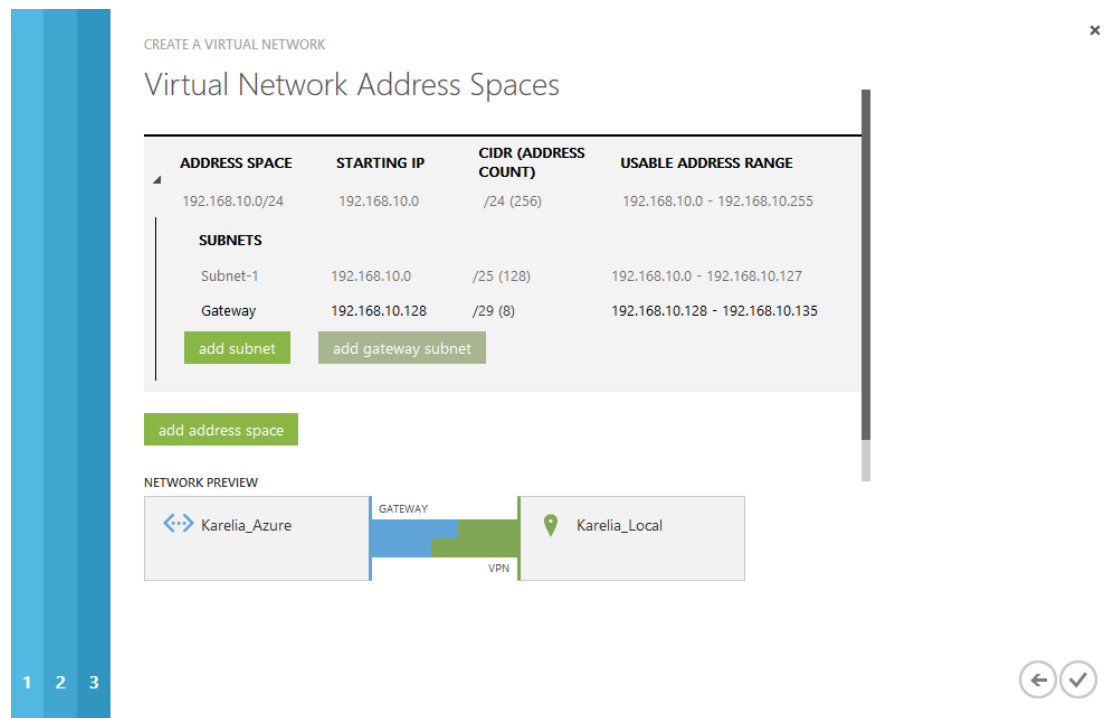
Kuva 9. VPN-yhteyden valinta

Kolmannella sivulla lisättiin paikallisen verkon nimi, jonka nimeksi annettiin "Karelia_Local" ja lisättiin VPN-laitteen julkinen IP-osoite. Näiden lisäksi määritettiin paikallisen verkon verkkoalue, jonka IP-osoitealueeksi määritettiin 192.168.1.0/24 (kuva 10). Julkinen IP-osoite on salattu kuvassa, ettei pääse syntymään väärinkäytöksiä.



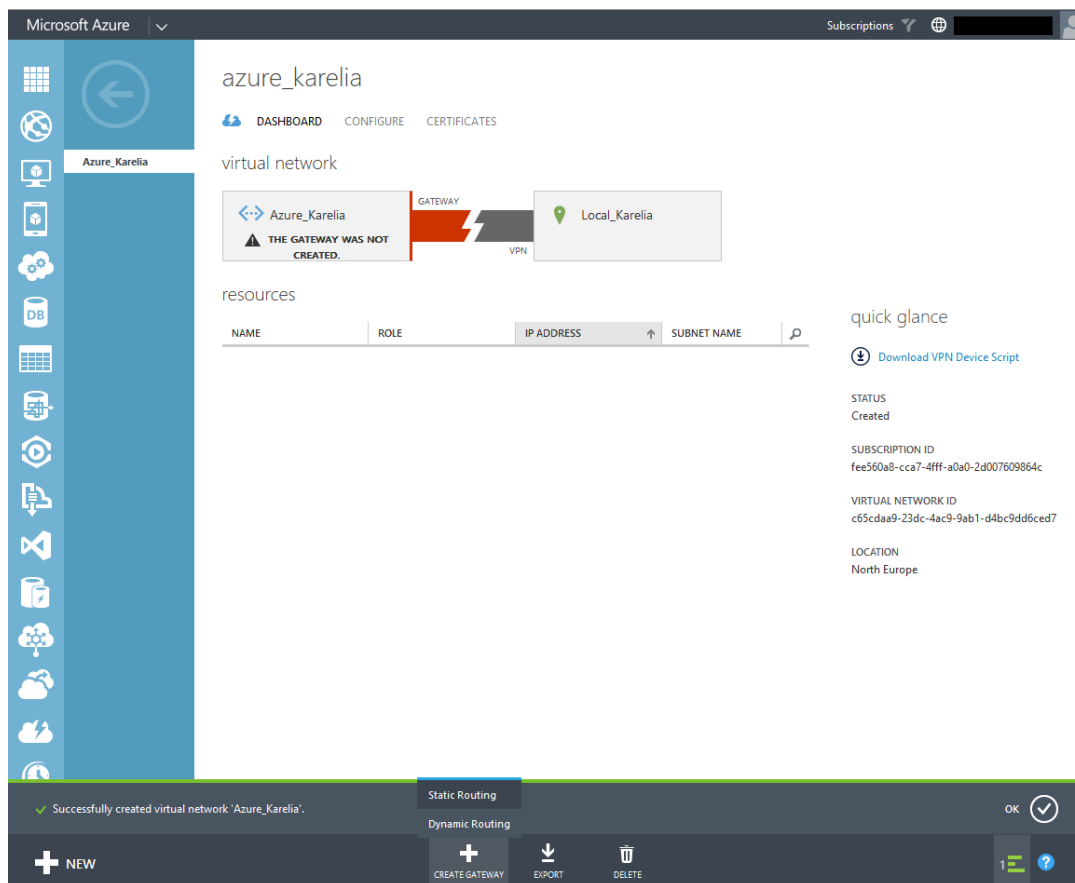
Kuva 10. VPN-yhteyden määrittäminen

Viimeisessä kohdassa määritettiin Azuren virtuaaliverkon verkkoalueen IP-osoitealueeksi 192.168.10.0/24, josta tehtiin aliverkot virtuaalikoneille ja Azuren yhdyskäytävälle (kuva 11).



Kuva 11. Verkkojen määrittäminen

Virtuaaliverkon luonti tapahtui nopeasti, mutta virtuaaliverkon luonnin jälkeen sille täytyi luoda vielä yhdyskäytävä, joka luotiin valitsemalla äsken luotu virtuaaliverkko Networks-sivulta. Virtuaaliverkon sivulta valittiin "Create gateway", jossa voitiin valita Staattinen tai dynaaminen yhdyskäytävä (kuva 12). Yhdyskäytävän luonnissa meni noin kymmenen minuuttia.



Kuva 12. Yhdyskäytävän luonti

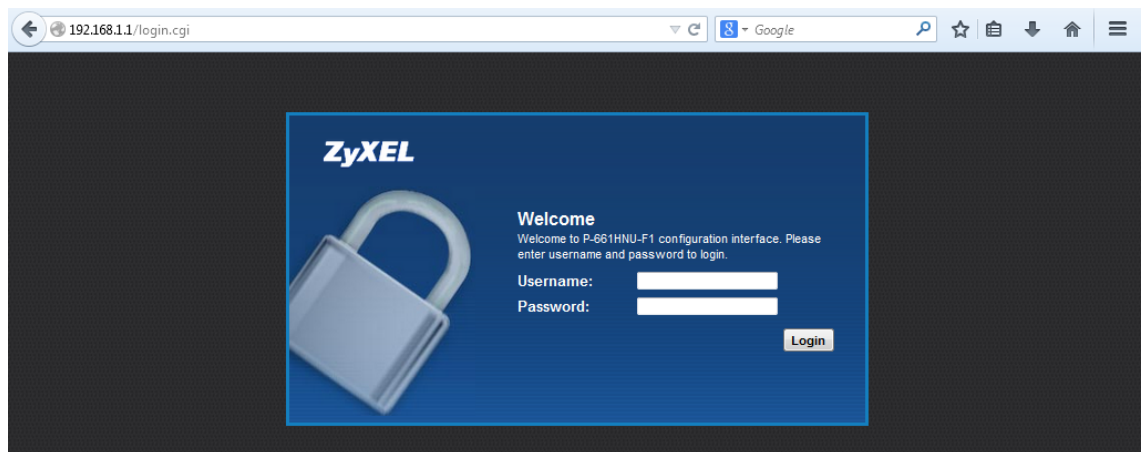
5.3 VPN-yhteys

Azuren virtuaalisen verkon liittäminen paikalliseen verkkoon vaatii VPN-yhteyttä tukevan laitteen, jolloin verkkojen välille luodaan tunneli, mutta VPN-laite ei saa olla NAT:n takana. Azure tarjoaa valmiita konfiguraatio tunnetuille laitteille, mutta yhteyden saa toimimaan myös muilla laitteilla, jos laitteessa on tuki VPN:lle. Opinnäytetyössä käytettiin Kotiboksi P-661-modeemia, joka sisältää VPN tuen. Elisa Kotiboksi P-661-modeemi on oikealta nimeltään Zyxel P-661HNU (kuva 13), mutta Elisa käyttää omaa nimeämistapaa laitteissaan. Laite sisältää neljä kappaletta 10/100M Ethernet-portteja. Laite käyttää ADSL2+-tekniikkaa ja sisältää WAN- ja 3G-reitittimet. Laite tukee 802.11b/g-standardin langattomia verkkoja, jotka ovat oletuksena suojattu WPA/WPA2-salauksella. Laitteessa on oletuksena päällä NAT ja DHCP, joka jakaa IP-osoitteita 192.168.1.33–100 väliltä.



Kuva 13. Kotiboksi P-661 [20.]

Modeemin hallintaan käytetään selainpohjaista käyttöliittymä, johon voi ainoastaan muodostaa yhteyden langallisesti Ethernet-porttia käyttäen ja työasema saa IP-osoitteen automaattisesti. Avattiin selain ja otettiin yhteys osoitteeseen <http://192.168.1.1> (kuva 14). Modeemiin kirjaututtiin käyttäjänimellä "admin" ja salasanalla "1234", jonka jälkeen avautui käyttöliittymän etusivu. Turvallisuuden kannalta salasana kannattaa vaihtaa, jotta ei pääse syntymään väärinkäytöksiä.



Kuva 14. Kirjautuminen

Seuraavaksi valittiin alavalikosta ”Security” ja ilmestyvästä valikosta valittiin ”VPN”. VPN-sivulla voitiin määrittää VPN:n asetukset valitsemalla ”Add New Tunnel”. Tunnelointi toteutettiin IPsec-protokollalla, jolla turvattiin yhteys paikallisen ja Azuren verkon välille. Microsoft Azuren -sivulta löytyy tunnelin muodostamiseen tarvittavat tiedot tunnetuille ja muille VPN-laitteille. Tiedot tunneliin tarvittavien IPsec:in parametrien asetuksista löytyvät Microsoftin sivuilta [21]. VPN-yhteyden muodostamista varten tarvittiin yhdyskäytävän osoite ja avain, jotka löytyivät äsken luodun virtuaaliverkon-sivulta. Avain löytyy alapalkista ”Manage key” kohdasta. VPN-tunneliin annetut konfiguroinnit ovat kuvassa 15.

Tunnel Edit

IPSEC Setup

Active ☒

NAT Traversal ☒

Tunnel Name

Mode

Local

Local Address Type

IP Address Start

End/Subnet Mask

Remote

Remote Address Type

IP Address Start

End/Subnet Mask

Address Information

WAN Interface

My IP Address

Secure Gateway Address

Remote ID

Content

Secrete Protocol

☒ Pre-share Key

☐ Certificate

Local

Remote

Advanced Setting

Phase1

Encryption Algorithm

Authentication Algorithm

DH

SA Life Time(seconds)

Phase2

Encryption Algorithm

Authentication Algorithm

SA Life Time(seconds)

Perfect Forward Secrecy(PFS)

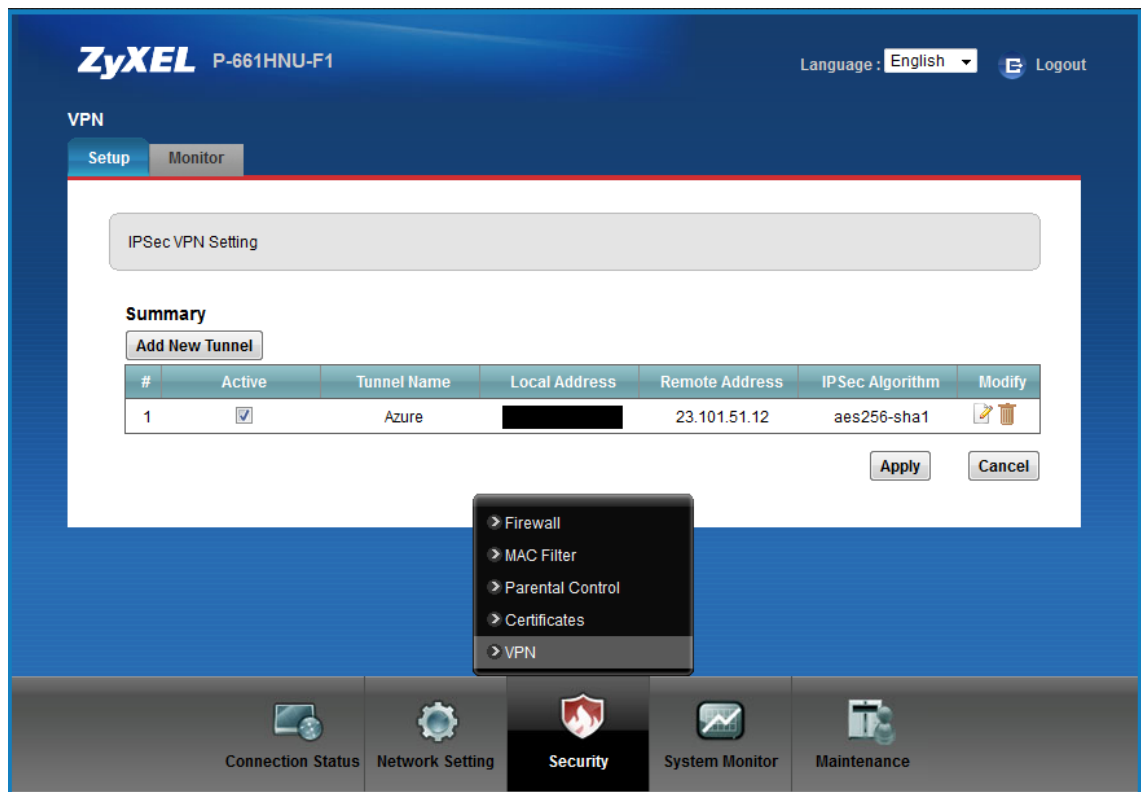
DPD

DPD Active ☒

Apply Back

Kuva 15. VPN-tunnelin konfiguroinnit

Sitten kun asetukset oli annettu, niin laitettiin rasti kohtaan "Active" ja painettiin "Apply" (kuva 16), jolloin asetukset tulivat käyttöön. VPN-yhteyden muodostamisessa Azureen menee jonkin verran aikaa ja tilannetta voi seurata Azuren virtuaaliverkon -sivulta. Kun yhteys oli muodostettu, niin virtuaaliverkon palkin pitäisi näyttää samalta kuin kuvassa 17.

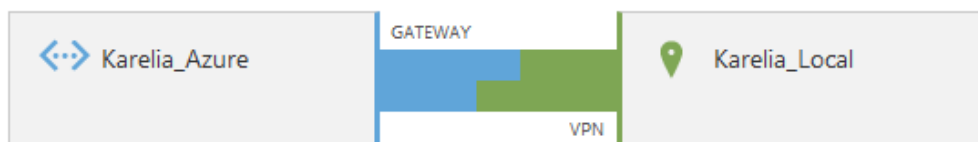


Kuva 16. Tunnelin aktivointi

azure_karelia

[DASHBOARD](#) [CONFIGURE](#) [CERTIFICATES](#)

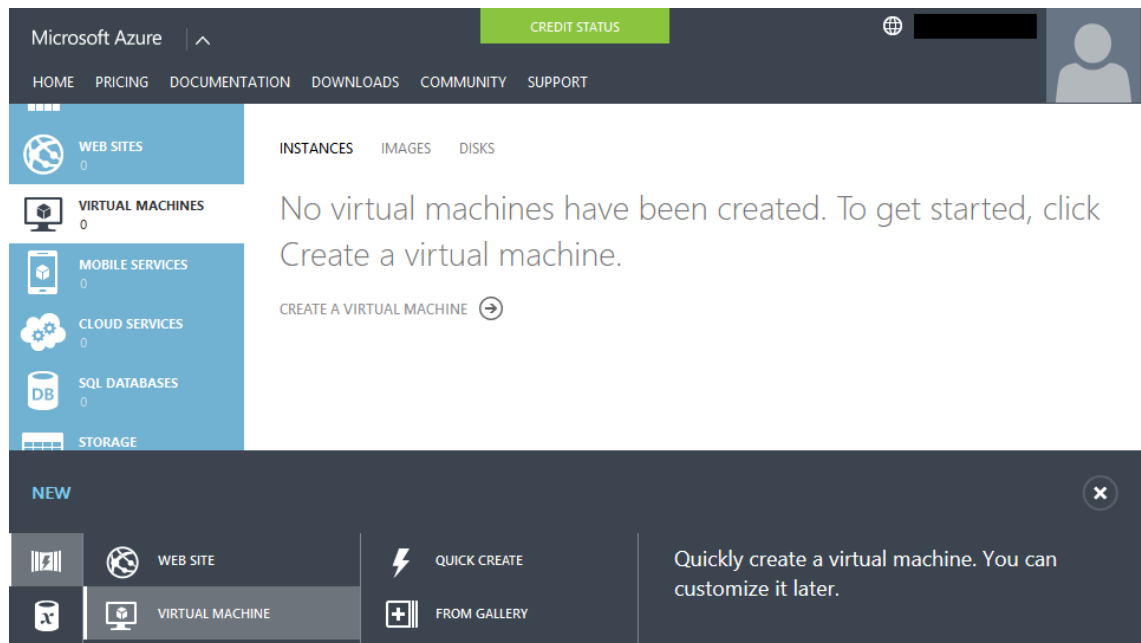
virtual network



Kuva 17. VPN-yhteys toiminnassa

5.4 Virtuaalikoneen luonti

Kun virtuaaliverkko oli luotu, niin sen jälkeen virtuaalipalvelimen luonti aloitettiin valitsemalla "Virtual Machines" sivupalkista ja "Create a virtual machine" tai valitsemalla alapalkista "New", josta "Virtual Machine". Virtuaalipalvelin voitiin luoda "Quick Create" tai "From Gallery" kohtien kautta (kuva 18).



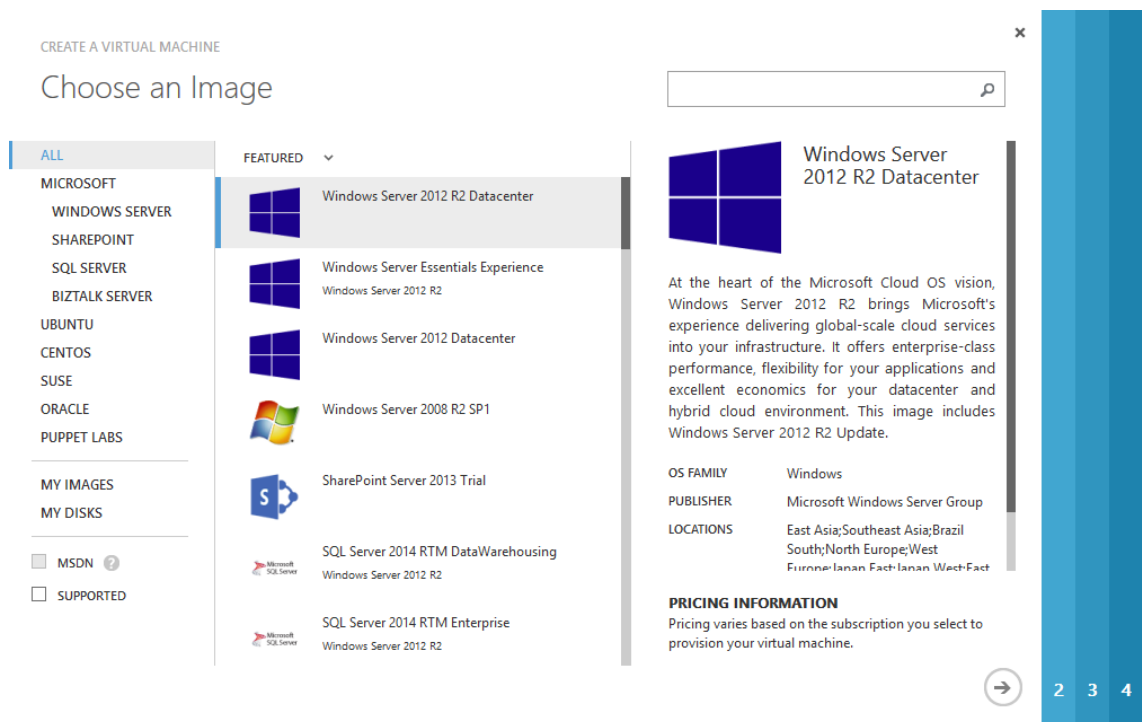
Kuva 18. Virtuaalikoneen luonti

Ensimmäisellä sivulla valittiin käytettävä levykuva. Azure tarjoaa kattavan valikoiman valmiita levykuvia ja uudessa hallintaportaaliassa on laajempi valikoima levykuvia esimerkiksi Windowsin työpöytäversiot, mutta nykyinen versio sisältää seuraavia levykuvia:

- Windows Server
- SQL Server
- SharePoint Server
- BizTalk Server
- Visual Studio

- Ubuntu Server
- CentOS
- SUSE
- Oracle

Microsoft Azureen voidaan viedä myös omia levykuvia, jolloin palvelimen käyttöjärjestelmälevystä ja datalevyistä voi tehdä VHD-tiedoston, jonka jälkeen VHD-tiedosto siirretään Azuren tallennustilaa ja lisätään levykuviin "My Images". Omien levykuvien säilyttämisestä Azuren tallennustilassa Microsoft perii kuukausittain maksun. Testauksessa virtuaalikoneen levykuvaksi valittiin Windows Server 2012 R2 Datacenter -käyttöjärjestelmä (kuva 19).



Kuva 19. Levykuvan valinta

Levykuvan valinnan jälkeen voitiin määrittää levykuvan versio, josta valittiin uusien saatavilla oleva versio. Virtuaalikoneelle määritettiin nimeksi "OPN2014DC" ja valittiin koneelle luokaksi Basic. Virtuaalikoneesta on myös saatavilla kalliimpi Standard luokka, joka sisältää automaattisen skaalauksen ja kuormantasauksen. Tämän jälkeen valittiin virtuaalipalvelimen koko eli

instanssi, joka määrittää palvelimen suorituskyvyn. Tämän jälkeen annettiin palvelimen järjestelmänvalvojan nimi ja salasana (kuva 20).

CREATE A VIRTUAL MACHINE

Virtual machine configuration

VERSION RELEASE DATE [?]

4/17/2014

VIRTUAL MACHINE NAME [?]

OPN2014

TIER

BASIC STANDARD

SIZE

A3 (4 cores, 7 GB memory)

NEW USER NAME

Sami

NEW PASSWORD CONFIRM

..... ✓

Windows Server 2012 R2 Datacenter

At the heart of the Microsoft Cloud OS vision, Windows Server 2012 R2 brings Microsoft's experience delivering global-scale cloud services into your infrastructure. It offers enterprise-class performance, flexibility for your applications and excellent economics for your datacenter and hybrid cloud environment. This image includes Windows Server 2012 R2 Update.

OS FAMILY
Windows

PUBLISHER
Microsoft Windows Server Group

LOCATIONS
East Asia South Asia West Europe Brazil

PRICING INFORMATION
Pricing varies based on the subscription you select to provision your virtual machine.

1 3 4

Kuva 20. Virtuaalikoneen asetukset

Seuraavalla sivulla valittiin "Create a new cloud service" ja annettiin nimeksi "OPN2014", jonka jälkeen valittiin virtuaaliverkoksi "Karelia_Azure". Tällä sivulla on mahdollista myös määrittää protokolla- ja porttiasetukset (kuva 21).

CREATE A VIRTUAL MACHINE

Virtual machine configuration

CLOUD SERVICE ?

Create a new cloud service

CLOUD SERVICE DNS NAME

OPN2014 .cloudapp.net

REGION/AFFINITY GROUP/VIRTUAL NETWORK ?

North Europe

STORAGE ACCOUNT

Use an automatically generated storage account

AVAILABILITY SET ?

(None)

ENDPOINTS ?

NAME	PROTOCOL	PUBLIC PORT	PRIVATE PORT
Remote Desktop	TCP	AUTO	3389
PowerShell	TCP	5986	5986
ENTER OR SELECT A VALUE			

Windows Server 2012 R2 Datacenter

At the heart of the Microsoft Cloud OS vision, Windows Server 2012 R2 brings Microsoft's experience delivering global-scale cloud services into your infrastructure. It offers enterprise-class performance, flexibility for your applications and excellent economics for your datacenter and hybrid cloud environment. This image includes Windows Server 2012 R2 Update.

OS FAMILY
Windows

PUBLISHER
Microsoft Windows Server Group

LOCATIONS
East Asia/Southeast Asia/Brazil

PRICING INFORMATION
Pricing varies based on the subscription you select to provision your virtual machine.

1 2 4

Kuva 21. Virtuaalikoneen asetukset

Viimeisellä sivulla virtuaalikoneeseen voitiin määrittää erilaisia asetuksia. Virtuaalikoneeseen oli oletuksena lisätty WM Agent-palvelu, jonka avulla voitiin lisätä erilaisia laajennuksia, kuten parempi turva viruksilta ja haittaohjelmilta. Nämä laajennukset voitiin valita samalta sivulta (kuva 22).

CREATE A VIRTUAL MACHINE

Virtual machine configuration

VM AGENT ?

☒ Install the VM Agent

CONFIGURATION EXTENSIONS ?

☐ Puppet Enterprise Agent
Published by: Puppet Labs | [Learn more](#) | [Legal terms](#)

☐ Chef
Published by: Chef Software, Inc. | [Learn more](#) | [Legal terms](#)

☐ Custom Script
Published by: Microsoft | [Learn more](#) | [Legal terms](#)

SECURITY EXTENSIONS ?

☐ Microsoft Antimalware **PREVIEW**
Published by: Microsoft | [Learn more](#) | [Legal terms](#)

☐ Symantec Endpoint Protection
Published by: Symantec | [Learn more](#) | [Legal terms](#)

☐ Trend Micro Deep Security Agent
Published by: Trend Micro | [Learn more](#) | [Legal terms](#)

LEGAL TERMS
If any third-party extensions have been selected for installation, I acknowledge that I am getting such software from the third-party publishers identified above and that such publishers' legal terms and privacy statements apply to it.

Windows Server 2012 R2 Datacenter

At the heart of the Microsoft Cloud OS vision, Windows Server 2012 R2 brings Microsoft's experience delivering global-scale cloud services into your infrastructure. It offers enterprise-class performance, flexibility for your applications and excellent economics for your datacenter and hybrid cloud environment. This image includes Windows Server 2012 R2 Update.

OS FAMILY
Windows

PUBLISHER
Microsoft Windows Server Group

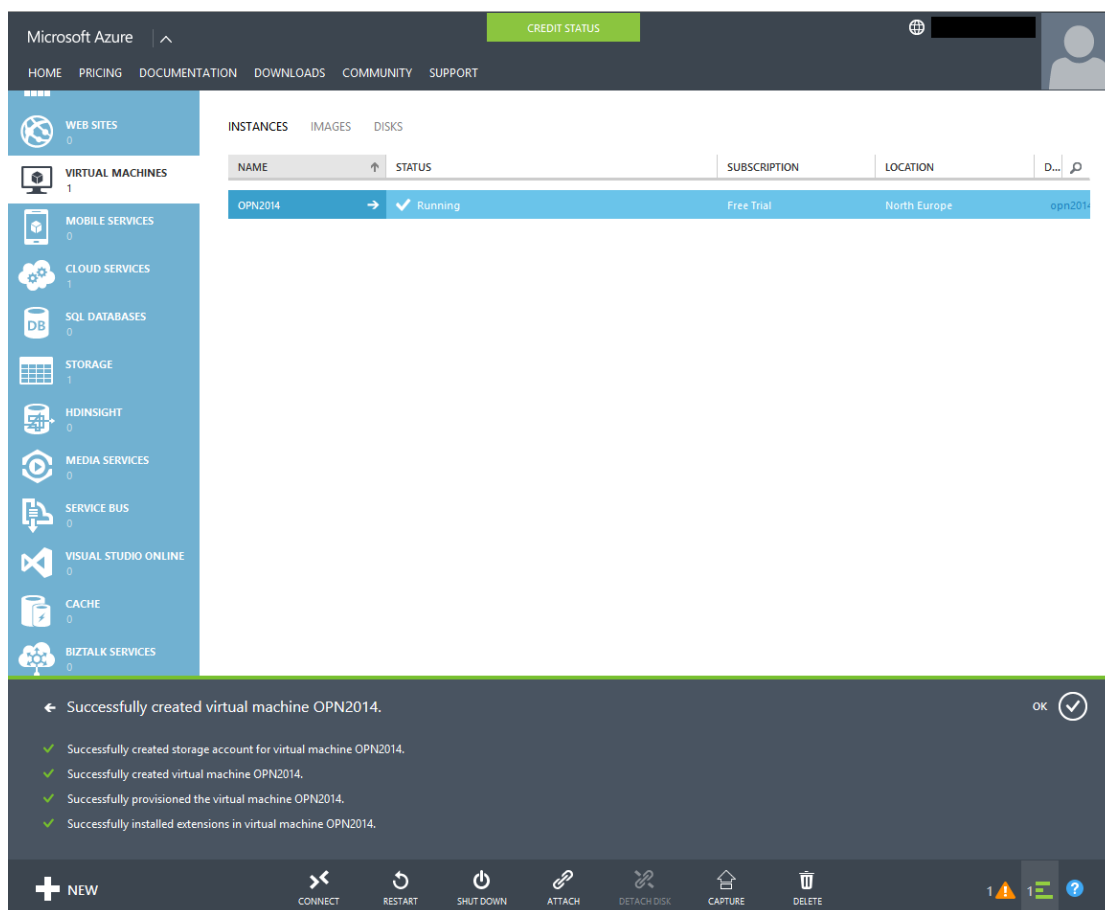
LOCATIONS
East Asia/Southeast Asia/Brazil

PRICING INFORMATION
Pricing varies based on the subscription you select to provision your virtual machine.

1 2 3

Kuva 22. Virtuaalikoneen asetukset

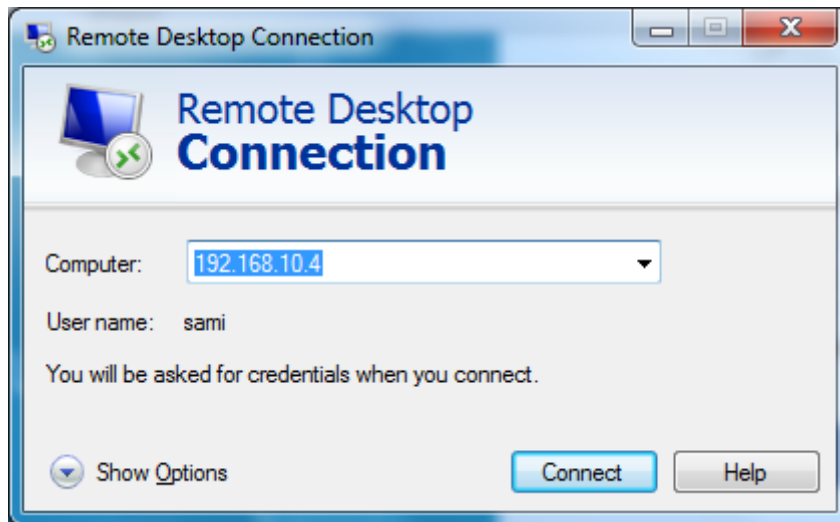
Lopuksi virtuaalikoneen luonti viimeisteltiin painamalla ruksia oikeasta alalaidasta, jonka jälkeen Microsoft Azure alkoi luomaan virtuaalikonetta (kuva 23), jonka jälkeen virtuaalikone käynnistyi ja oli valmis käytettäväksi. Virtuaalikoneen etusivulta voitiin tarkastella virtuaalikoneen tietoja, monitorointia ja muuttaa asetuksia esimerkiksi instanssia.



Kuva 23. Virtuaalikoneen käynnistyminen

Yhteyden muodostaminen virtuaalipalvelimeen on erittäin kätevää, kun yhdistämiseen käytetään Remote Desktop Connection -sovellusta (kuva 24). Valittiin haluttu virtuaalikone ja painettiin "Connect", jonka jälkeen Remote Desktop Connection-sovellus käynnistyi ja yhdistettiin palvelimeen painamalla "Connect", jonka jälkeen kirjauduttiin palvelimeen. Paikallisesta verkosta työasemalla voidaan ottaa suoraan yhteys sovelluksella virtuaalikoneen IP-osoitteella. Palvelimille tiedostojen siirtäminen on helppoa Remote Desktop Connection -sovelluksen avulla, kun vain lisää paikallisen levyn tai muistitikun

sovelluksen asetuksiin. Pari kertaa testauksen aikana tiedoston siirto palvelimelle keskeytyi, mutta se luultavasti johtui käytettävän yhteyden hitauteista.



Kuva 24. Yhteyden ottaminen

Virtuaalikoneelle asennettiin AD DS-rooli ja annettiin toimialueelle nimeksi "testi.local", jonka jälkeen liitettiin työasema verkkoon ja lisättiin työaseman verkkoasetuksiin toimialueen DNS-palvelimen IP-osoite. Yhteyttä testattiin pingaamalla palvelimen IP-osoitteella (kuva 25) ja toimialueen nimellä (kuva 26).

```
C:\Users\Administrator>ping 192.168.10.4

Pinging 192.168.10.4 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.10.4: bytes=32 time=83ms TTL=125
Reply from 192.168.10.4: bytes=32 time=90ms TTL=125
Reply from 192.168.10.4: bytes=32 time=88ms TTL=125
Reply from 192.168.10.4: bytes=32 time=85ms TTL=125

Ping statistics for 192.168.10.4:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 83ms, Maximum = 90ms, Average = 86ms
```

Kuva 25. Pingaus IP-osoitteella

```
C:\Users\Administrator>ping testi.local

Pinging testi.local [192.168.10.4] with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.10.4: bytes=32 time=82ms TTL=125
Reply from 192.168.10.4: bytes=32 time=89ms TTL=125
Reply from 192.168.10.4: bytes=32 time=80ms TTL=125
Reply from 192.168.10.4: bytes=32 time=79ms TTL=125

Ping statistics for 192.168.10.4:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 79ms, Maximum = 89ms, Average = 82ms
```

Kuva 26. Pingaus toimi-alueen nimellä

Lopuksi luotiin loput kolme virtuaalikonetta, joihin asennettiin ja konfigurointiin SQL Server 2012, SharePoint Server 2013 ja Exchange Server 2013 -järjestelmät. Näillä järjestelmillä testattiin ympäristön toimintaa ja testauksen aikana ei esiintynyt ongelmia.

5.5 Azuren kustannukset

Azuressa kustannukset muodostuvat virtuaalikoneilla käytettyjen tuntien mukaan, joten kun palvelimet olivat sammuksissa, niin palvelimista ei syntynyt kuluja. Windows Server -palvelimien hintoihin sisältyy lisenssien hinnat, joten niistä ei tule erillistä maksua. Virtuaalikoneiden lisäksi jokaisesta virtuaaliverkosta tulee jatkuva veloitus, joka on kuukaudessa noin 20 €. Karelia AMK:n tietotekniikan koulutusohjelman Tuotantoyrityksen järjestelmät -opintojakson käytössä tulevat kustannukset Microsoft Azure palveluntarjoajalla esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2. Azuren kustannukset

Palvelimet	Kokoonpano	Hinta €/kk	Hinta €/kk
Toimialue -palvelin	2 x 1.6GHz CPU, 3.5 GB RAM, 50 GB	82,01	0,111
Exchange -palvelin	4 x 1.6 GHz CPU, 7 GB RAM, 100 GB	164,01	0,221
Sharepoint palvelin	- 4 x 1.6 GHz CPU, 7 GB RAM, 100 GB	164,01	0,221
SQL-Server palvelin	- 2 x 1.6GHz CPU, 3.5 GB RAM, 50 GB	82,01	0,111
Virtuaaliverkko		19,94	
Kokonaiskulut		511,98	0,661

Hinnat eivät sisällä ALV:tä.

Palvelimien hinnaksi tulisi 492,04 € kuukaudessa ja tunnissa hinta olisi 0,661 €. Jos virtuaalipalvelimet ovat käytössä Tuotantoyrityksen järjestelmät -opintojakson 120 laboratoriotyöskentelyn tunnin ajan ja sammutetaan työskentelyn päätteeksi, niin hinnaksi muodostuu noin 99,3 € opintojakson aikana, johon on lisätty virtuaaliverkon hinta. Tämän lisäksi kuluja tulee tiedonsiirrosta. Azuresta menevä liikenne on ilmaista, mutta Azuresta tuleva liikenne on maksullista. Jos opintojaksolla on kaikkiaan viisi ryhmää, niin palvelimien kokonaishinnaksi muodostuisi vähintään 496,50 € opintojakson aikana.

5.6 Johtopäätökset

Testauksen perusteella Microsoft Azuren käyttäminen opetusympäristössä on mahdollista, mutta fyysisen ympäristön käytettävyys on vielä nopeampaa ja helpompaa verrattuna valittuun palveluntarjoajaan. Suurimmat ongelmat Microsoft Azuren ja myös muiden samanlaisten pilvipalveluiden kanssa, että virtuaalikoneet pitäisi aina muistaa sammuttaa käyttämisen jälkeen, jotta ei syntyisi turhaa rahan kulutusta. Tästä syystä saattaa syntyä yllättäviä lisäkuluja, joita ei voi ennakoida. Azuressa virtuaalikoneiden sammuttaminen tuntui välillä aika työläältä verrattuna ICT-laboratoriossa sijaitsevan fyysisen ympäristön virtuaalikoneisiin, koska välillä virtuaalikonetta ei saanut sammutettua hetkessä vaan huonommillaan sammutus onnistui vasta muutaman tunnin jälkeen.

Virtuaalikoneiden käyttäminen ei eroa mitenkään fyysisen palvelimien virtuaalikoneiden käyttämisestä, mutta Azuren virtuaalikoneisiin ei saanut testausvaiheessa kiinteitä IP-osoitteita vaan Azure jakoi osoitealueesta osoitteet koneiden käynnistysjärjestyksessä, joka aiheutti ongelmia toimialueen kanssa. Myöhemmin kiinteiden IP-osoitteiden antaminen olisi ollut mahdollista PowerShellin ja uuden hallintaportaalin kautta. Testauksen aikana muutaman kerran hallintasivulla ei pystynyt kirjautumaan ja pari kertaa sivut eivät olleet toiminnassa, joka olisi iso ongelma opetuksen kannalta, kun palvelimia ei voitaisi käynnistää. Opinnäytetyön aikana Microsoft Azureen tuli paljon uusia ominaisuuksia, joiden toimintaa ei ehditty testaamaan ja monet uudet toiminnot ovat vielä testausvaiheessa. Testauksen aikana Azureen tuli monen virtuaaliverkon tuki ja kiinteät IP-osoitteet, jotka ovat erittäin tärkeitä ominaisuuksia toimeksiantajan kannalta. Azuren päivitys tahdistaa myös huomaa, että Microsoft panostaa paljon Azureen ja aikoo todella haastaa suurimmat kilpailijat. Kun Azuren uusi hallintaportaali ja uudet ominaisuudet valmistuvat, niin kyseiseen palveluun kannattaa tutustua uudelleen, koska siinä on paljon potentiaalia. Azuren valttina on sen monipuolisuus verrattuna kilpailijoihin.

Testauksen aikana kustannukset pysyivät erittäin pieninä, koska ainoastaan virtuaaliverkosta menee maksu koko ajan ja palvelimet sammutettiin käytön jälkeen. Tiedonsiirron liikenne Azuren palvelimelta paikalliseen verkkoon on maksullista, kun taas omassa paikallisessa verkossa kaikki liikenne on ilmaista. Pitkällä aikavälillä levykuvien ja tiedoston varastointi nykyisessä järjestelmässä on paljon halvempaa, koska Azure veloittaa käytettävästä tilasta maksun kuukausittain. Toisaalta fyysisessä palvelinympäristön laiterikot voivat aiheuttaa suuria ylimääräisiä kuluja, joita ei synny virtualisointipalveluissa, kun palveluntarjoaja ylläpitää laitteistoa.

Microsoft Azuresta ei ole ainakaan vielä korvaamaan fyysistä palvelinympäristöä opetusympäristö tarkoituksessa, koska se on suunniteltu yrityskäyttöön, jossa palvelimet ovat jatkuvasti toiminnassa. Toimeksiantajan onärkevintä laajentaa ICT-Laboratorion palvelinhuoneen nykyistä kapasiteettia, jotta opintojaksot saataisiin toteutettua paremmin, koska tällä hetkellä kapasiteetti ei riitä opintojaksoissa tarvittavien virtuaalikoneiden käyttämiseen. Nykyisen ympäristön heikkous on että varmuuskopiointia ei voida toteuttaa, joten edes tärkeimmät palvelimet olisi hyvä saada varmuuskopioitua. Azurea voisi käyttää fyysisen palvelinympäristön rinnalla varajärjestelmänä, jolloin sen käytöstä voisi olla hyötyä erilaisten projektien, opinnäytetöiden ja testauksien kanssa.

6 Pohdinta

Opinnäytetyössä selvitettiin mahdollisuutta käyttää virtualisointipalvelua opetusympäristössä Karelia AMK:n ICT-laboratoriossa ja tehtiin palveluntarjoajista vertailu, jonka perusteella toteutettiin testaus valitulla palveluntarjoajalla. ICT-laboratorion tarpeiden selvittäminen onnistui helposti, koska ympäristön käyttämisestä oli omakohtaista kokemusta. Palveluntarjoajista tietojen saaminen oli aika hankalaa, koska ominaisuudet ja hinnat selvisivät vasta luomalla tunnukset palveluihin. Onneksi monet palveluntarjoajat tarjoavat lyhyitä ilmaisia kokeiluversiona, mutta niiden sisältöä oli rajoitettu. Amazon

EC2:n sisällön ja hinnoittelun selvittämiseen olisi voinut käyttää enemmän aikaa, koska se oli varteenotettavin kilpailija Microsoft Azurelle.

Testaus saatiin suoritettua onnistuneesti valitulla palveluntarjoalla, vaikka testauksen aikana ilmeni jonkin verran ongelmia. Testaukseen oli varattu riittävästi aikaa, vaikka VPN-yhteys Azureen jouduttiin suunnittelemaan uudelleen, koska ICT-laboratorion verkon suojausten takia Azure palvelimiin ei saanut yhteyttä ja VPN-laite ei saanut olla NATin takana, joten yhteys jouduttiin muodostamaan ADSL:n kautta, jonka nopeus oli 24/1Mbps. Yhteyden hitaus aiheutti ongelmia tiedonsiirron kanssa Azuren palvelimille. Myöhemmin laboratorioon tuli 100/100Mbps Funet-verkkoyhteys, jolla Azuren testaus olisi ollut paljon helpompi ja nopeampi suorittaa. Toisaalta Azuressa oli myös ongelmia, jotka johtuivat esimerkiksi palveluiden hitaasta sammumisesta ja kiinteiden IP-osoitteiden puuttumisesta, mutta osa ongelmista hävisi Azuren päivityksissä. Azuren hinnoittelu päivittyi tiheään tahtiin ja palvelimien instanssien tiedot muuttuivat testauksen aikana, joten se aiheutti jonkin verran ongelmia.

Opinnäytetyön aihe oli erittäin kiinnostava ja sai tutustua täysin uuteen pilvipalvelun alueeseen, koska IaaS-palveluista ei ollut aikaisempaa kokemusta. Toimeksiantajalle opinnäytetyön sisältö on hyödyllinen, koska se liittyy merkittävästi ICT-laboratorion toimintaan ja tulevaisuuteen. Opinnäytetyössä asetetut tavoitteet sain suoritettua onnistuneesti, mutta ohjelmistotekniikan ja tietojenkäsittelyn tarpeisiin tutustuminen jäi vähäiseksi. Ohjelmointiin suuntautuneiden opiskelijoiden kannattaisi tutustua Azuren ohjelmointia varten suunniteltuihin työkaluihin ja testausympäristöihin, jotka ovat laajimmat palveluntarjoajista. Työ oli sopivan haastava ja haastavin osuus työssä oli saada VPN-yhteys toimimaan, joka lopulta toimi ongelmitta.

Lähteet

1. Karelia-ammattikorkeakoulu Oy. Tutustu Kareliaan. 2014.
<http://www.karelia.fi/fi/tutustu-kareliaan>. 10.11.2014.
2. Salo, I. 2010. Cloud computing – palvelut verkossa. Porvoo: Bookwell Oy.
3. Coalfire. NIST Cloud Computing. 2014.
http://www.coalfire.com/medialib/assets/images/NIST_CloudComputing.jpg. 26.11.2014.
4. Pervilä, M. Julkinen pilvi paisuu vauhdilla – jo nyt kymmenien miljardien markkinat. Tivi.fi: CIO. 2014.
<http://www.tivi.fi/cio/julkinen+pilvi+paisuu+vauhdilla++jo+nyt+kymmenien+miljardien+markkinat/a997403>. 28.11.2014.
5. Visma. SaaS – Pilvipalvelut. 2014.
<http://www.visma.fi/ohjelmistoratkaisut/Ohjelmiston-hankinta/Pilvipalvelut-SaaS/>. 29.11.2014.
6. Mohamed, A. A history of cloud computing. ComputerWeekly.com. 2009.
<http://www.computerweekly.com/feature/A-history-of-cloud-computing>. 13.11.2014.
7. Amazon. About AWS. 2014.
<http://aws.amazon.com/about-aws/>. 13.11.2014.
8. Amazon. Amazon EC2 Pricing. 2014.
<https://aws.amazon.com/ec2/pricing>. 13.11.2014.
9. Elisa. eSali FAQ. 2014.
<https://admin.ecloud.fi/uniquesiga929d7fed9e979684414487aa62ac37a/uniquesig0/wiki/index.php/FAQ>. 4.5.2014.
10. Elisa. Elisa eSali. 2014.
<http://magictriangle.fi/esali/popup9.html>. 3.5.2014.
11. Elisa. eSali FAQ. 2014.
<https://admin.ecloud.fi/uniquesiga929d7fed9e979684414487aa62ac37a/uniquesig0/wiki/index.php/FAQ>. 4.5.2014.
12. Vitikka, J. Pilvipohjaiset Windows Azure -virtuaalipalvelimet vihdoin saatavilla. Innofactor. 2010.
http://www.innofactor.fi/blogi/0/0/pilvipohjaiset_windows_azure_-_virtuaalipalvelimet_vihdoin_saatavilla. 21.10.2014.
13. Google. Windows Azure DataCenter Locations. 2014.
<https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=zM2uqako3ipc.kqOGsydsQS&msa=0>. 23.10.2014.
14. Microsoft Azure. Azure Documentation. 2014.
<http://azure.microsoft.com/fi-fi/documentation/>. 27.10.2014.
15. Microsoft Azure. Azure Pricing. 2014.
<http://azure.microsoft.com/fi-fi/pricing/>. 30.11.2014.
16. Nebula. Microsoft Pilvialusta. 2014.
<http://www.nebula.fi/fi/palvelut/infrastrukturi/pilvialusta>. 20.11.2014.
17. UpCloud. Frequently Asked Questions. 2014.
<http://www.upcloud.com/documentation/faq/>. 2.12.2014.
18. Lehtinen, J. Suomalainen UpCloud löysi markkinaraon: pilveä tuntiveloituksella. Tivi.fi. 2013.
http://www.tivi.fi/kaikki_uutiset/suomalainen+upcloud+loysi+markkinaraon+pilvea+tuntiveloituksella/a897460?s=r&wtm=tietoviikko/-12052013&. 2.5.2014.
19. UpCloud. Pricing. 2014.

- <http://www.upcloud.com/pricing/>. 3.5.2014.
20. Elisa. ZyXEL P-661HNU-F1. 2014.
<http://yritysten-asiakastuki.elisa.fi/ohje/58/>. 21.11.2014
21. Microsoft Azure. About VPN Devices for Virtual Network. 2014.
<http://msdn.microsoft.com/library/azure/jj156075.aspx>. 14.12.2014.